

INSTITUTO POLITECNICO SUPERIOR DE MADRID

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

teorías probabilistas sobre coeficientes de seguridad

memoria

que presenta
el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
José Manuel Antón Corrales
para aspirar al título
de Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Madrid, junio 1970

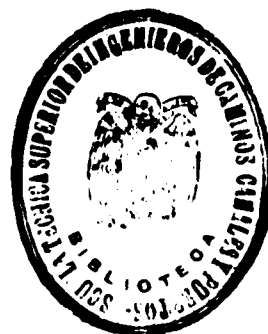
D.324.668

TEORIAS PROBABILISTAS
sobre coeficientes de seguridad

MEMORIA

que presenta el Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
José Manuel Antón Corrales
para aspirar al título de
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Madrid, junio 1970



0.- Indices e introducciones.

0.1.- Indice decimal.

0.2.- *Notas.*

0.3.- Lista de notaciones principales.

0.4.- Algunas siglas.

1.- Introducción al problema.

1.1.- La seguridad en la construcción. El coeficiente de seguridad.

1.2.- Determinación y presentación del coeficiente de seguridad.

1.3.- Orientación de lo que sigue.

1.4.- Responsabilidades y problemas jurídicos.

1.4.1.- Escalonamiento de normas.

1.4.2.- Aspecto jurídico.

1.4.2.1.- Códigos.

1.4.2.2.- En la práctica.

1.4.2.3.- Consideraciones varias.

1.5.- Interés cultural del tema.

1.6.- Una observación sobre el plazo de prescripción.

2.- Historia sucinta

2.1.- El pasado.

2.1.1.- Predecesores.

2.1.2.- Los tratados.

2.1.3.- El primer impacto en las normas.

2.2.- Fogos de actividad.

2.3.- Tendencias.

2.4.- Asamblea de Londres.

2.5.- Reunión del C.I.B. en Madrid.

2.6.- Trabajos anteriores del C.I.B.

3.- La normalización y sus problemas.

3.1.- Su interés.

3.2.- Problemas fundamentales .

3.2.1.- Características.

3.2.2.- Otros conceptos relacionados con cargas.

3.3.- La presentación de las normas de comprobación.

3.3.1.- Forma propuesta por las asociaciones de construcción.

3.3.1.1.- Generalidades.

3.3.1.2.- Coeficientes de ponderación.

3.3.1.3.- Ejemplos. Figuras de representación.

3.3.2.- Otras formas.

3.3.3.- En función de qué deben ser dados estos coeficientes.

3.3.4.- Mayoración de cargas o minoración de resistencias.

3.3.5.- Criterios para tomar y presentar coeficientes.

4.- Enfoque teórico nuestro.

4.1.- Cargas.

4.1.1.- Casos de cargas.

4.1.2.- Intensidad de un caso de cargas.

4.2.- Elemento.

4.3.- Condiciones de ruina.

4.4.- Introducción de variables aleatorias.

4.4.1.- Errores varios en esfuerzos debidos a cargas.

4.4.2.- Errores de ejecución en resistencias.

4.4.3.- Errores de hipótesis en cálculo de esfuerzos resistentes.

4.4.4.- Condición de ruina aleatoria.

4.5.- Las tres condiciones de ruina.

4.5.1.- Fórmula aleatoria.

4.5.2.- Fórmula de comprobación.

4.5.3.- Fórmula instantánea.

4.6.- Observaciones.

5.- El problema de la superposición de cargas.

5.1.- Estudio de cargas repetidas.

5.1.1.- Descripción de una carga aislada.

5.1.2.- Descripción de una carga real.

5.1.3.- Las leyes exponenciales.

5.2.- Resultados.

5.2.1.- Programa para computador.

5.2.2.- Abacos.

5.2.2.1.- Familia 1 de ábacos.

5.2.2.2.- Familia 2 de ábacos.

5.2.2.3.- Unos ejemplos.

5.2.2.3.1.- Sin efectos sísmicos.

5.2.2.3.2.- Con efectos sísmicos.

5.2.3.- Cargas negativas.

5.2.4.- Justificación matemática.

5.2.4.1.- Programa para sumar casos de carga.

5.2.4.2.- Abacos.

5.3.- Incertidumbres en cargas.

5.3.1.- En un caso de carga aislado.

5.3.2.- En superposición.

5.3.3.- Estimaciones sobre las dispersiones SK_1 de los XS_1 que indiquen errores de conocimiento de las cargas.

5.4.- Cargas de viento.

6.- Resistencia y otros factores. Ley log-normal.

6.1.- Propiedades de la ley log-normal. .

6.2.- Leyes de resistencia de los materiales.

6.3.- Errores en hipótesis varias.

6.4.- Resistencias variando con el tiempo.

6.5.- Algunos datos sobre resistencias y errores.

6.5.1.- Uniones en perfiles de acero.

6.5.2.- Láminas.

6.5.3.- Pandeos diversos en estructuras metálicas.

6.5.4.- Varios.

6.5.5.- Estudios anteriores. .

6.6.- Comentarios a la consideración de errores en hipótesis.

6.7.- Control de resistencias según Rüsch.

7.- Abacos probabilidad de ruina.

7.1.- Principios.

7.2.- Abacos y figuras.

7.3.- Uso.

7.4.- Métodos para llegar a los ábacos.

7.5.- Otros ábacos.

8.- Abacos probabilidad de ruina

8.1.- Factores que vamos a incluir en la optimización.

8.1.1.- Probabilidad de ruina de un elemento. Notaciones.

8.1.2.- Probabilidad de ruina conjunta de varios elementos.

8.1.3.- Función a minimizar.

8.2.- Cálculo de las tablas.

8.3.- Uso de las tablas.

8.4.- Conclusiones a partir de las tablas.

8.5.- Ejemplo de uso de las tablas.

9.- Consideraciones sobre el pandeo.

9.1.- Esfuerzos secundarios.

9.1.1.- Ejemplo.

9.1.2.- Abacos y tablas.

9.1.3.- Algunos datos numéricos, inspirados en la realidad, conducentes a distribuir el coeficiente de seguridad entre γ_s y γ_m .

9.1.3.1.- Hormigón armado.

9.1.3.2.- Armaduras de hormigón.

9.1.3.3.- Acero de construcción metálica.

9.1.3.4.- Conclusiones.

9.2.- Mediante el uso de fórmulas o tablas.

9.2.1.- Leyes no lineales con varias cargas.

9.3.- Teorías posteriores. Cálculo plástico. Hiperestatismo.

10.- Consideraciones sobre coste de ruina, duración e interés.

10.1.- Coste de ruina.

10.2.- Duración de la construcción.

- 10.3.- Cálculos con interés.
- 10.4.- Tablas.
- 10.5.- Su obtención.
- 10.6.- Cómo varía la probabilidad de ruina con el tiempo.
- 11.- Muy breves conclusiones teóricas para un elemento y construcción metálica.
 - 11.1.- Hipótesis y objetivos del capítulo.
 - 11.2.- Estudio de la variación de factores para una carga.
 - 11.2.1.- C_1 en función de SH, SQ, para $A = 10^{3,5}$.
 - 11.2.2.- Influencia del coste de la ruina partido por el coste del elemento ($\neq A$). Fórmulas elementales.
 - 11.3.- Resultados para una carga.
 - 11.3.1.- Valores de A.
 - 11.3.2.- Tipos de cargas usados.
 - 11.3.3.- Otros criterios.
 - 11.3.4.- Un cuadro de coeficientes para cargas aisladas.
 - 11.4.- Aplicación de los estudios teóricos de superposición de cargas.
 - 11.4.1.- Hipótesis, objeto validez.
 - 11.4.2.- El método de los coeficientes de ponderación.
 - 11.4.2.1.- Ejemplo.
 - 11.4.2.2.- Los casos no lineales pueden llevarse al caso lineal.
 - 11.4.2.3.- Bases del cálculo. Superficie representativa.
 - 11.4.2.4.- Resultados del ejemplo.
 - 11.4.3.- Superposición para carga aleatoria.
 - 11.4.3.1.- Ejemplo de una curva de dimensionamiento.
 - 11.4.3.2.- Forma cómoda de representación de suma de cargas aleatorias.
 - 11.4.3.3.- Mismas consideraciones para suma de leyes normales.

11.4.4.- La carga permanente negativa.

11.4.4.1.- La suma es positiva y ha de ser resistida por un elemento.

11.4.4.2.- La suma es negativa, y hay colapso si es positiva.

11.4.5.- Presentación para colapso.

11.4.6.- Otras presentaciones.

12.- Aplicación al hormigón.

12.1.- Breve comentario sobre excentricidades.

12.2.- La resistencia función de la de sus elementos.

12.3.- Resultados de cálculos anteriores.

12.4.- Algunos resultados concretos.

12.5.- Las diferencias con la construcción metálica.

12.5.1.- Los γ_s no serán las mismas si se afina.

12.5.2.- Reducción en la suma de cargas.

12.6.- Un ejemplo de coeficientes.

12.7.- Estructuras mixtas.

12.8.-Cargas estabilizantes.

13.- Resultados del Simposio de Londres, comparados con los nuestros.

13.1.- Tema 2. El concepto de seguridad, su análisis y sus relaciones con la idea de seguridad.

13.2.- Tema 3. Las solicitaciones; datos estadísticos; probabilidad de solicitaciones desfavorables.

13.3.- Tema 4. Los materiales. Carácter aleatorio de sus características; determinación de éstas a partir de ensayos.

13.4.- Tema 5. Previsión del comportamiento de las estructuras sobre la base de las propiedades físicas de los materiales, habida cuenta del carácter aleatorio de las sollicitaciones, de las características del material y de su disposición en obra. Evaluación de riesgos de poner la estructura fuera de servicio.

13.5.- Tema 6. Métodos de elaboración de los proyectos habida cuenta de las consideraciones precedentes; modelos matemáticos a utilizar (elasticidad, plasticidad); definición y elección de estados límites; procedimientos de introducción de la seguridad.

13.6.- Tema 7. Sugestiones para recomendaciones prácticas.

C.- Conclusiones.

F.- Bibliografía.

0.2) Notas.

Comencé a trabajar en el tema en Octubre del 67, como alumno en el Instituto Torroja. a propuesta del D. Juan Batanero, Jefe del departamento de Estudios del citado Instituto.

El trabajo se realizó como miembro experto del Grupo de Trabajo Ponderación de la Comisión 1 del C.E.C.M. El C.E.C.M. es la Convención Europea de la Construcción Metálica, asociación europea de asociaciones nacionales de la Técnica e Industria de la Construcción Metálica. Entre ellos la Asociación española es Sorcometal -- (Servicio Técnico Comercial de Construcciones Metálicas y Caldeería). Hay representantes españoles en casi todas las Comisiones.

El Sr. Batanero, dirigió la Comisión que redactó la Norma E.M. 62, (Estructuras Metálicas) y es miembro de la Comisión 1 - (Normas y Reglamentos técnicos) y del Grupo de Trabajo Ponderación entre otros.

Pronunció conferencia inaugural en la apertura de curso en el Instituto Politécnico Superior de Madrid en Octubre del 68 sobre el tema "Estado actual de las ideas sobre la seguridad de las Estructuras".

Existe una tradición española importante en este tema debido a los trabajos de E. Torroja y A. Paéz, tanto más cuando que contribuyeron principalmente a la introducción de estas líneas probabilísticas en los medios internacionales por sus Comunicaciones a la C.I.B. (ref. 3). Las Normas (HA.61, EM.62, EH.68) divulgan estas nociones entre los profesionales y estudiantes españoles (ref. (21),(22),(36) desde hace años, con proyección en Hispanoamérica

rica (ref. (37) y otros).

He efectuado los trabajos sobre el tema, cuyos resultados válidos se pretenden recoger en las páginas que siguen, en varias etapas administrativas, todas ellas en relación con el Instituto Torroja, el Sr. Batanero y el C.E.C.M. En la primera como alumno, en otras como Ingeniero, en relación con el Departamento de Construcción (Prof. Torroja, Dr. Meseguer, Ing. Morán etc...) del citado Instituto. Cada etapa ha requerido numerosos medios auxiliares, en forma de viajes oficiales, Biblioteca, facilidades de publicación (para lo que el Instituto Torroja está muy bien provisto) y horas de computador del Instituto Torroja (asesorado por el Prof. Mendizábal), que hubiesen supuesto sumas inabordables de haber sido encargados a la iniciativa privada. Además he contado con el excepcional clima de trabajo del Instituto, pues la aridez del tema hace difícil el trabajar aislado.

Es natural que estos trabajos, efectuados en un Centro oficial, sean presentados como Tesis Doctoral. Sin embargo el trabajo tiene una parte matemática que hace muy engorroso el dirigir la Tesis. Se ofreció a ello el Catedrático de Matemáticas, D. Alberto Dou Más de Xexas, S.J., siendo aprobado el tema por el Claustro de la Escuela en verano de 1.968. Ello hace que, si bien hemos presentado resultados en el C.E.C.M., hayan sido internos de difusión restringida, aparte de un artículo de divulgación para los Informes de la Construcción redactado en Marzo del 69, que no da más que una idea de por donde encaminamos el trabajo (ref. 56).

El formar parte del C.E.C.M. hace que la notación y la orientación sean lo más semejantes posibles a las de otros autores, teniendo todos a aclarar el problema y dar bases cuantitativas para las normas de construcción. Incluso tomamos leyes matemáticas idénticas a las de otros autores antes de conocerlos y menos de ser -

presentados a ellos. Sin embargo, hay varios modelos matemáticos de elaboración complicada que son idea personal, como el del capítulo 5 para suma de cargas cuyos máximos no coinciden, o los - del capítulo 9, sobre problemas no lineales, o los de 10, sobre el interés del dinero, así como el modo de obtención de los resultados de los capítulos 11 y 12 y la forma de presentación de los coeficientes de ponderación de los mismos, que hacen que este trabajo sea, a nuestro juicio, suficientemente original para ser presentado como Tesis Doctoral.

La última etapa del trabajo, más reducida en tiempo, ha requerido muchos más medios auxiliares tales como mecanografía, unas docenas de horas de computador del Instituto Torroja. Se nos dieron incluso facilidades para asistir a un Congreso en Londres (A.I.P.C.) sobre el tema, un Congreso de la I.A.S.S. en Madrid y participar como observador en un Comité del C.I.B. en Madrid - (Instituto Torroja).

Estas numerosas facilidades fueron posibles por haber recibido una beca para formación de investigadores y profesorado de Enseñanza Superior, en el C.S.I.C. (Instituto Torroja), con el Sr. Batanero como Director de Trabajo.

0.3) Lista de notaciones principales

Carga

Caso i : caso de carga i

S : valor de un caso de carga

S_1 : valor real de un caso de carga, sea instantáneo, sea máximo en un período N .

S'_1 : cuando sea necesaria la distinción entre valores reales S_1 y supuestos, valor supuesto máximo de S'_1 en cierto período. Puede ser

valor fijo, o aleatorio si suponemos S_i' aleatorio.

t o N indican período de tiempo. En años en general 50 años se toma como valor tipo de vida de una estructura.

$G(S_i, N)$: probabilidad de sobrepasar S_i en un período N .

$G(S_i)$: probabilidad de sobrepasar S_i en la vida de la estructura.

PW : carga ideal de fin de estabilidad (por ejemplo de Euler).

$dN \times F(S, N)$: probabilidad de sobrepasar el valor S entre N y $N+dN$.

S_k o bien $S_{i,k}$: carga (i) característica. Para aplicaciones numéricas se toma la carga con 5% de probabilidad a priori de ser sobrepasada en la vida de la estructura, o bien una aproximación de este valor.

D_H o bien Dis : dispersión de la ley $G(S, N)$ = desviación típica/media

La medida se toma en N años, siendo la media en general función de N .

Tipo de cargas. El subíndice i de S_i es:

p : para cargas permanentes.

t : para cargas térmicas.

s : para cargas de uso.

n : para cargas de nieve.

m : para cargas de suelo.

v : para cargas de viento.

w : para cargas sísmicas.

n : eventualmente, cargas de nieve *en presencia de* ~~viento~~ viento.

Leyes estadísticas

Introducimos variables aleatorias genéricas Y logarítmico normal; en ese caso el logaritmo será normal $N(\ln(MY), SY)$; la media, para SY pequeño, es muy próxima a MY , la dispersión a SY .

Ley de valores extremos: función de distribución $\exp(-N(\exp(-L(S-M))))$.

Errores en hipótesis varios

Cargas (ver 4.5.1)

XS_i : valor pésimo S_i real dividido por valor pésimo supuesto S'_i , ambos en cierto período (4.4.1).

XS : esfuerzo pésimo producido por las cargas reales dividido por esfuerzo pésimo en el período calculado con los S_i . Tiene en cuenta incertidumbres en el paso de cargas a esfuerzos. Es :

$$Esf(S_i)/Esf'(S_i)$$

XS' : valor pésimo real de esfuerzo resistente de un elemento dividido por el valor pésimo calculado. Tiene en cuenta todos los errores en las cargas y en la distribución = $Esf(S_i)/Esf'(S'_i)$.

Coeeficientes

C : Coeficiente en general.

γ_m : Coeficiente minorador de la resistencia.

γ_s : En general, coeficiente mayorador de cargas.

γ_o : Coeficiente corrector.

C.V.C.: Coeficiente entre valores centrales.

C_i : Coeficiente mayorador ($\gamma_o \cdot \gamma_s$) de la carga i .

$C_i \cdot e_i \cdot \phi_i$: Coeficiente de ponderación de la carga i en la fórmula de comprobación 1, en una tabla de coeficientes de ponderación.

Resistencias.

- XR' = resistencia real/resistencia supuesta.
 σ_g = resistencia del material g .
 σ'_g = resistencia supuesta (si es necesario hacer la distinción) del material g , aleatoria o no (dispersión SR'').
 σ_{gk} = resistencia característica del material g .
 XR = esfuerzo resistente real/E.r. calculado con resistencias reales.

Algunas funciones.

- $Esf(S_i)$ = esfuerzo real provocado en el elemento considerado por las cargas S_i .
 $Er(\sigma_g)$ = esfuerzo resistente real (correspondiente a un $Esf.$) de un elemento, función de las resistencias de los materiales.
 $Esf'(S'_i)$ = esfuerzo calculado en función de cargas S'_i .
 $Er'(\sigma'_g)$ = esfuerzo resistente calculado en función de las resistencias σ'_g .

Error global de hipótesis.

- $EH = KS'/XR$. Su dispersión es SH .
 a_{ij} = coeficientes en $Esf(S_i) = \sum_i a_{ij} S_i$ si el esfuerzo del elemento j es función lineal de las cargas.

Coste,

Coste : coste de ruina.

I_j : coste del elemento j .

El coste de un elemento estructural se aproxima (Ver los

últimos parámetros) por $Mp.C/(1-C.V)$ (más constante) (Ver 8).

Mp : sobrecarga multiplicada por el precio de costo de una unidad suplementaria de resistencia correspondiente a esa sobrecarga.

V : sobrecarga debida al incremento de una unidad de la resistencia.

A : coste/Mp , o sea $\text{coste}/\text{coste}$ del elemento para coeficiente $(C.V.C. \cdot x (12. SR)/(1 + 2. SQ)) = 1$.

Cuadro de coeficientes de ponderación o coeficientes graduados.

Se harán las 1 comprobaciones mayorando las cargas 1 - por $C_1 \cdot e_{12}$.

Se simboliza por $\sum_i S_1 \cdot e_{12} C_1$.

0.4) Algunas siglas.

C.E.B.: Comité Européen du Béton.

C.E.C.M.: Convención Europea de la Construcción Metálica.

C.I.B.: Comité International Bâtiment.

C.I.G.R.E.: Conférence internationale des grands réseaux électriques.

F.I.P.: Federation Internationale de la précontrainte.

I.S.O.: International Organization for Standardization.

R.I.L.E.M.: Reunion Internationale des Laboratoires d'Essais des Matériaux.

S.E.R.C.O.M.E.T.A.L.: Servicio Técnico Comercial de Construcciones Mecánicas y de Calderería.

A.I.P.C.(I.A.B.S.E, I.V.B.H.): Assotiation Internationale des Ponts et Charpentes.

La I.A.S.S.: International Assotiation for Shell Structures (fundada por D. Eduardo Torroja, Secretaría en Madrid).

1.- LA INTRODUCCION AL PROBLEMA:

1.1.- La seguridad en la construcción. El coeficiente de seguridad

Siempre se ha considerado, incluso por la legislación, que las construcciones deben ser eternas, salvo que se destruyan intencionadamente. De hecho siempre hay una probabilidad de que se caigan.

Con la instauración de la comprobación de estructuras por el cálculo, que si no es la quintaesencia de la ingeniería, si es un gran progreso, aparece un coeficiente de seguridad. Se "estiman las cargas máximas posibles", las "resistencias mínimas", se reparten esfuerzos y se comparan ^(calculados) esfuerzos con esfuerzos de agotamiento calculados con las resistencias mínimas. En cada "comparación" los segundos serán suficientemente mayores que los primeros. Un coeficiente de seguridad C cuantifica esta comparación pudiendo ser aplicado de diversos modos, una parte γ_s mayorando cargas y otra γ_m minorando resistencias, antes del cálculo de esfuerzos, siendo $C = \gamma_s \cdot \gamma_m$; C suele ir de 1,3 a 3.^(*)

La comprobación por cálculo está consagradaísima, tomándose las cargas de unas normas hechas por otra persona que no es el proyectista y a menudo con un sello oficial. Las resistencias se miden o se admiten de normas, que respetan los fabricantes, (acero) o los ejecutantes (hormigón, soldadura), según la uniformidad que acompaña a la técnica. Más importante que los valores numéricos, las normas dicen "qué" casos de carga hay que considerar en número limitado y representativo según la técnica de que se trate, y cómo se hará el cálculo de esfuerzos según métodos muy universales en general y qué comprobaciones se harán para cada tipo de material.

Las normas deben ser intercambiables. Si la de postes metálicos de líneas de alta tensión se puede aplicar con la de perfiles

(*) Un alambre que resiste 1T tiene resistencia de cálculo de $1/\gamma_m$. Una carga de 0,5T mayorada da carga de cálculo de $\gamma_s \cdot 0,5T$. El alambre vale si $\gamma_s \cdot 0,5 \leq 1/\gamma_m$.

de acero, y la ^{norma} de cargas en edificación con la de hormigón, la de ^{se pueda aplicar} cargas en edificación se deberá poder aplicar con el acero. De hecho ocurre así en gran medida, disponiendo en general de coeficientes de seguridad distintos para cada material.

Y ¿qué valor se toma para el coeficiente de seguridad? Suele ser un coeficiente consagrado por la práctica e influido por consideraciones teóricas, tomado en una reunión de expertos con carácter oficial y va disminuyendo al mejorar técnica y teoría, teniendo en cuenta cada vez más casos justificados de reducción de coeficientes. Se sabe que un coeficiente grande sale caro en material, y uno pequeño aumenta la probabilidad de ruina. Esto conduce a optimizar el coste de construcción, más el coste de la ruina evaluados convenientemente.

1.2.- Determinación y presentación del coeficiente de seguridad.

Vamos a escribir sobre la determinación numérica del coeficiente de seguridad según la optimización de un coste, suma del de construcción que crece con coeficientes de seguridad, y del de ruina convenientemente actualizado y evaluado.

Sólo consideraremos pues lo que depende del coeficiente de seguridad, es decir, que los esfuerzos originados por las cargas no sobrepasen los esfuerzos de agotamiento. Olvidaremos lo demás, es decir el diseño estético, económico y adaptado al uso, la buena práctica evitando incorrecciones, como el cruzar tres cordones de soldadura. Todo esto es fundamental en la construcción, pero no depende y no determina el coeficiente de seguridad, aunque la seguridad dependa más de la concepción de la obra y de los detalles constructivos que de los coeficientes.

El tema que tratamos tiene un fuerte interés filosófico en construcción.

(*) La probabilidad de esto depende del coeficiente tomado. El coeficiente puede pues ser estudiado en función de este riesgo.

Vamos a hacer muchos cálculos que han obligado a tomar muchas hipótesis arbitrarias, y a tener en cuenta factores como la superposición de cargas cuyos máximos no coinciden, el interés del dinero y otros.

Y para no quedarnos en un nivel especulativo, propenso a ser irreal, hemos de presentar después el cómo se puede aplicar lo que sigue en normas. En parte esto es debido a hacer este trabajo para el CEMCM en su origen. Estas normas deben ser congruentes con la práctica: se debe poder reemplazar una norma de hormigón, de coeficientes no probabilistas, por una con coeficientes probabilistas sin necesidad de cambiar la norma de puentes o de cargas en edificación. Tal se ha hecho al pasar de cargas excepcionales a características con una probabilidad pequeña de ser sobrepasada (por ejemplo 5%), durante la vida de la estructura o al sacar nuevas normas sísmicas en función de una vida de la estructura.

Además la presentación de coeficientes debe ser sencilla en vista a ser usada por un calculista.

1.3.- Orientación de lo que sigue:

Está pensado para edificación y sus cargas, pero vale para más casos. En particular vale siempre que se pueda descomponer la estructura en conjunto de elementos tales que la rotura de uno de ellos comprometa la estructura, por lo que puede ser aplicado a diques y a Geotecnia. La presentación de los coeficientes es orientada a edificación.

Sabemos que en obras marítimas o en construcción aeronáutica se usan métodos de cálculo con modalidades distintas que en edificación. En particular hay estadísticas de oleaje en ciertos sitios (Holanda) y se van a hacer en España (Profesor Suárez Boreas, ref (1), que

hizo trabajos sobre seguridad a adoptar en diversas cargas tales como esfuerzo del barco contra el muelle o margen bajo el agua en los puertos, de orientación probabilistas. En aviación tiene más trascendencia el afinar coeficientes por la importancia del peso para poder volar y de la fatiga, sin que hayan hecho los aeronáuticos avances espectaculares en la materia (ref. 32).

No valen estas consideraciones para desgastes (carreteras, ataques químicos), sino que están dirigidos a colapsos que ocasionan daños.

Las consideraciones probabilistas indican bien los factores que deben ser tenidos en cuenta. La validez de sus resultados depende de los datos introducidos, y es por ello limitada.

1.4.- Responsabilidades y problemas jurídicos.

1.4.1.- Escalonamiento de normas

El adoptar unos principios en unas normas, además de obedecer a una necesidad de normalización, quita responsabilidades al usuario de las normas.

Parece conveniente que la forma general de enfoque sea mundialmente uniforme. Mejor si fuese refrendada por la ISO.

En las asociaciones de sociedades nacionales usando una técnica dada (CEB, CEN, CEN) se piensan dar unos principios también vagos para que puedan ser usados por todos los países. Según los casos, y según sean instrucciones o recomendaciones, darán o no valores numéricos de coeficientes de seguridad.

La última palabra en coeficientes de seguridad la van a dar normas nacionales, sea dando valores, sea diciendo cómo se toman los de normas internacionales.

Es siempre un Arquitecto o Ingeniero el responsable del Proyecto de la obra, con responsabilidad máxima si esta obra se hace con una técnica nueva sin normas.

Siempre conviene que las cargas y coeficientes sean fijadas al establecer un concurso de proyectos, para evitar que los concursantes hagan su optimización de coeficientes en función de la necesidad de ganar el concurso. Es un principio de orden el - que sean fijadas las cargas por la Nación o por el que establece las bases del concurso (según se trate de Obras Públicas y viviendas o de cargas industriales respectivamente), siguiendo un lenguaje común que se pueda poner en un Pliego de Condiciones (por ejemplo deben usar la misma definición de carga característica el que diseña una turbina y el que diseña la cimentación de la turbina).

En todo caso la Nación siempre considerará o valorará mejor las consecuencias colectivas de ruina, que un particular.

1.4.2.- Aspecto jurídico

La técnica es mantenida y respaldada por Colegios y Asociaciones profesionales. Además los tribunales delimitan responsabilidades en caso de accidente, *resultando finalmente más duros frente a profesionales de la construcción que frente a médicos, abogados, etc...*

1.4.2.1.- Códigos

Limitándonos al caso español, es de aplicación el Código Penal, "artículo 565. El que por imprudencia temeraria ejecutase un hecho que, si mediase malicia, constituiría delito, será castigado con la pena de prisión menor (6 meses a 6 años).

Al que, con infracción de los reglamentos, cometiere un delito por simple imprudencia o negligencia, se le impondrá la pena de arresto mayor (1 mes a 6 meses).

En la aplicación de estas penas procederán los Tribunales a su prudente arbitrio, sin sujetarse a las reglas prescritas en el artículo 61".

565" Cuando se produjere muerte o lesiones graves a consecuencia de impericia o de negligencia profesional, se impondrán en su grado máximo las penas señaladas en este artículo. Dichas penas se podrán elevar en uno o dos grados, a juicio del tribunal, cuando el mal causado fuera de extrema gravedad" (llega pues a 6 años - 20 años).

586" Serán castigados con multa superior a 250 e inferior a 5.000 pesetas y represión privada:

... 3º) Los que por simple imprudencia o por negligencia, sin cometer infracción de los reglamentos, causasen un mal a las personas que, si mediase malicia, constituiría delito, y los que por cualquier clase de imprudencia causasen un mal a las personas que, si mediase malicia, constituiría falta".

Además existe responsabilidad civil inherente a la penal, según criterio de protección a la víctima.

19" Toda persona responsable criminalmente de un delito o falta lo es también civilmente.

22"La responsabilidad subsidiaria que se establece en el artículo anterior será también extensiva a los amos, maestros, personas, entidades, organismos y empresas dedicadas a cualquier género de industria, por los delitos o faltas en que hubieren incurrido sus criados, discípulos, oficiales, aprendices, empleados o dependientes, en el desempeño de sus obligaciones o servicio".

Sobre prescripción:

113" Los delitos prescriben

... A los diez (años), cuando (la ley) señalase una pena que exce

da de seis años.

... A los cinco, cuando señalase cualquier otra pena...

114 El término de la prescripción comenzará a correr desde el día en que se hubiese cometido el delito".

En construcción parece obvio que el delito se comete al proyectar o construir. Sin embargo en la práctica se considera a veces el momento del accidente. No hay acuerdo y hay poca jurisprudencia en el Supremo.

1.4.2.2.- En la práctica.

La opinión consultada de varios profesionales es:

- En un hundimiento de casa, el juez procesa al Encargado, Constructor, Aparejador y Arquitecto.
- En hundimiento de obra civil, procesa al Director de obra.
- Busca sucesivamente responsable civil solvente hasta encontrarlo.

1.4.2.3.- Consideraciones varias.

Las leyes anteriores son poco precisas, y el fallo del tribunal depende de las Pruebas Periciales.

Hay casos de absolución por construir según técnica consagrada pero mala.

En las técnicas muy establecidas (hormigón, acero) la condena va a depender parcialmente de que se sigan las normas; en las

técnicas nuevas no se puede escudar el proyectista en normas que no existen. La responsabilidad es suya.

Finalmente, siempre hay una probabilidad de ruina de un edificio, del orden de 10^{-6} , mucho menor que la probabilidad de muerte de un enfermo. (*).

Si consideramos la probabilidad de ruina anual, hay que tener en cuenta que es máxima durante el primer año, decreciendo después lentamente en cargas de viento, más rápidamente en cargas de uso, menos en cargas sísmicas.

Se conocen casos en que se han hecho gastos excesivos por miedo a incurrir en responsabilidades, sin aumento a veces de seguridad.

Las normas de carga deben indicar en qué dominios son válidas por derivar de ciertas teorías, como modo de evitar sean aplicadas a casos nuevos, -caso de edificios hundidos por el viento por aplicar normas mal hechas-.

En principio, si el Proyectista considerase el riesgo que él corre (de ir a los tribunales) y lo que a él le cuesta aumentar la seguridad (él no invierte, únicamente debe competir con otros proyectos), tendería a poner coeficientes de seguridad excesivos; la competencia y las normas hacen que esto no ocurra.

Los fraudes en la construcción en materiales y control de calidad, o las competencias de precio en elementos secundarios de las estructuras, como forjados, son prácticas peligrosas. Si son intencionadas es inútil el cubrirlas por coeficientes altos: el fraude se adapta a los coeficientes, con más o menos inercia. Si aumentamos el coeficiente de seguridad puede disminuirse la calidad voluntariamente con desventaja para el que respeta las normas.

1.5.- Interés cultural del tema

En el momento actual en que nunca la vida humana y su

(*) Del mismo modo que la hay antes de emprender un viaje en coche, vez tomadas precauciones máximas.

dignidad estuvo mejor garantizada, a pesar de los defectos de la sociedad de consumo y la degradación de los recursos naturales, este tema no es ajeno a la cultura.

Cuesta valorar desgracias en moneda, aunque luego determine la gente su vida o a veces la abrevie por dinero, pero el principio de minimizar coste de ruina por probabilidad de ruina más coste de edificación, parece cada vez más natural. Conviene de todos modos pensar a más largo plazo en construcción que el que va imponiéndose (se construye para cuarenta años), con algo del deseo de durabilidad romano.

Al tratar de valorar ruinas en un principio, hemos conocido casos de repugnancia a todo lo que sea valorar la vida humana: "Una cosa es la vida humana y otra el dinero". Opinión válida, limitada al tener que trabajar por dinero y usar recursos limitados para necesidades humanas.

También en mentes muy ilustradas hemos conocido el culto a la optimización: "lo que importa es que me lo saque con ordenador". Esto hace que estos enfoques probabilísticos serán bien aceptados, aún con valores imprecisos de partida. El problema económico de eficacia tiene hoy más actualidad científica que el jurídico de buscar responsable.

Desde luego el problema de enfoque probabilista de la seguridad es tema de actualidad en los Institutos de Construcción, siendo tema de monografías en toda la ingeniería, de resultados numéricos un tanto pobres. Sin embargo lleva a reconsiderar una serie de prácticas de tradición en las normas, etc.

El tema es a la vez grande, por la de obras que dependen de él, y humilde, pues se trata de estudiar el equilibrio que sigue el hombre entre el costo actual, el costo futuro y la duración limitada de sus obras.

1.6.- Una observación sobre el plazo de prescripción.

Si el accidente fuese provocado por fraudes conscientes en la ejecución de la construcción, aparte de los otros delitos que pudiera haber, podría considerarse la negligencia en ocultar el peligro.

Hemos consultado de palabra a técnicos extranjeros, y nos hablan de responsabilidad a los 10 años (a veces cinco) de la fecha de entrega de proyecto o construcción, salvo algunos casos excepcionales en algún país (Bélgica) en que se considera a partir de la fecha del accidente.

La práctica jurídica española parece pues particularmente dura a largo plazo.

Parece más jurídico tomar la prescripción a partir de la fecha en que se cometió la imprudencia. Es la de entrega del Proyecto o la de entrega de la Construcción por el Director de Obra. En general se cubren así la mayor parte de las imprudencias, que suelen tener consecuencias a corto plazo (meses).

Se puede hacer excepción con ciertas imprudencias muy elementales y graves, como la de no considerar cargas horizontales (viento o seismos), las faltas graves conscientes en la construcción y el no seguir los procedimientos usuales, es decir, no tener Proyecto ni Director de Obra en forma reglamentaria. Se puede considerar que en esos casos hay más que imprudencia.

2.- HISTORIA SUSCINTA

2.1.- El pasado

Omitiendo bastantes nombres, damos una breve idea del desarrollo histórico del tema.

2.1.1.- Predecesores: según Ferry Borges

O DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURAS, hay que buscar orígenes en Max Mayer, 1926.

Por los años 40 aparece el estudio probabilístico como tema de investigación.

Moe: (1948) da coeficientes mayoradores para superposición de cargas y minoradores de resistencias, muy al estilo actual.

Koranyi: (1948), Dutheil (1948), Wästlund (1940).

Kjellman: (1940).

Vasco Costa: (1948) (Probabilidad de ruina de acuerdo con criterios económicos).

Prot: (1948). Consideración de ley estadística de cargas y de resistencias, limitación de la probabilidad de ruina y otros (1936, 1948, 1949, 1950, 1951).

Levi: (1936, 1947, 1948, 1949, 1950, 1952, 1953).

Wierzbicki: (1939). Academia Polaca de Ciencias.

Freudenthal: (1945), autor que sigue ocupándose del tema en primera línea, afirma que se puede atribuir una distribución estadística a todos los fenómenos físicos, haciendo estudios de cargas. Tiene trabajos en 1948-1950.

Johnson: (1953) .

2.1.2.- Los tratados

Un trabajo muy importante aparecido en varias publicaciones es el de Eduardo Torroja - Alfredo Páez (1949 - 1952), que culmina en el libro LA DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE SEGURIDAD EN LAS DISTINTAS OBRAS, conteniendo una teoría completa conducente a resultados aplicables (ref. 3).

Las hipótesis y los datos son muy simplificados. Hay diversas causas de error que permiten definir las leyes de variación de un cierto número de variables aleatorias:

- x = sollicitación real/prevista.
- y = resultados con hipótesis exactas/resultado con hipótesis reales^{m)} (mayor que uno del lado de la inseguridad).
- z = resultado sin errores numéricos/resultado cargas con errores numéricos.
- t = resistencia de ese material con ejecución perfecta/resistencia real del material puesto en obra.
- u = resistencia del material teórica/resistencia del material real.
- n = coeficiente de seguridad tomado.

Hay hundimiento si $xyztu > n$.

Suponen los autores leyes de $xyztu$, en general normales, y hallan por método gráfico o analítico la probabilidad de ruina. Como es complicado, han de usar la oficina de cálculo de I.T.C.C. (Instituto Torroja; usaron métodos gráficos sin computador todavía) obteniendo 75 ábacos que dan coeficientes de seguridad entre medias de distribuciones para hormigón y acero, y estructuras de ejecución más o menos cuidada.

Ferry Borges, aparte de otros trabajos de primera línea sobre viento y sobre cargas sísmicas, escribió un tratado en 1954, del cual se ha dicho (Mr. Cornell, M.I.T.) "antiguo de fecha, moderno de concepción".

(*) O sea las realmente empleadas.

Comprende, aparte de una introducción histórica y una bibliografía, una serie de partes originales. Una de ellas es la distinción de cierto, aleatorio, incierto y estratégico (según las teorías de juegos, Morgestern, Von Neuman, etc).

En particular en cargas ecológicas, aleatorio puede ser el valor del viento máximo en un período, incierta la determinación de la ley estadística de los máximos del viento; entre aleatoriedades e incertidumbres dan una probabilidad a priori de sobrepasar ciertos valores. Usaremos estos términos.

El libro comprende estudios de grupos de elementos. Por ejemplo frágiles cuando basta la ruptura del elemento más débil para romper el conjunto (eslabones de cadena), fibroso (de cables en paralelo que se van rompiendo sucesivamente), dúctil (de cables en paralelo que llegan a un punto de límite elástico con grandes deformaciones).

Hace estudio de las variables aleatorias que intervienen en modelos reducidos, pues las desviaciones típicas de las leyes aleatorias de resistencias no suelen guardar proporción lineal con las razones de dimensiones.

Estudia la deformación en función de propiedades de secciones.

Hace una revisión con gráficos de distribuciones varias de cargas, permanentes, de uso, viento con ráfagas, sismos.

También tiene curvas múltiples de resistencias de aceros y hormigón, con numerosas curvas experimentales. Las leyes normales van bien para estas curvas.

2.1.3.- El primer impacto en las normas

Entre las primeras comunicaciones estuvieron las de Torroja-Páez para el C.I.B.

El Instituto Eduardo Torroja de Madrid, en la norma H.A-57 (publicada en 1957) hace uso de las nociones filosóficas probabilísticas, poniendo incluso las teorías de Páez en los comentarios.

La habilidad de los autores, dando lugar a una exposición "semiprobabilística", es decir con métodos probabilistas aplicados a una comprobación tradicional, les hace introducir las cargas y resistencias características para reemplazar las excepcionales.

Son cargas o resistencias con débil probabilidad de ser sobrepasadas del lado peligroso. Por ello se pueden tomar las cargas de normas oficiales y considerarlas como características. Por ello la norma fue utilizable inmediatamente; en particular fue libro de texto en Escuelas Técnicas.

Suponiendo medidas las leyes estadísticas de cargas y resistencias, las características son media más (cargas) o menos (resistencias) una desviación típica en la H.A-57. En el caso de leyes normales quieren lograr los autores que la seguridad sea función sólo de los valores característicos. Es decir si en una estructura dada aumentan los valores medios de las resistencias de hormigón, y aumenta su dispersión, la probabilidad de ruina sería constante si la resistencia característica del hormigón (media menos desviación típica) lo fuese. Si la distribución del hormigón es normal este enunciado es aceptable aunque aproximado. El acero será menos minorado (1,2) que el hormigón (1,6).(*)

A la norma de hormigón, que consagró otras presentaciones ya clásicas como el momento tope y la excentricidad en pandeo, siguió una de metálicas EM-62 de misma inspiración.

Tuvo éxito la norma de hormigón, e influyó en los puntos probabilistas en las Instrucciones y Recomendaciones del C.E.B. (Comité Européen du Béton). Se tiende a definir característica por media más/menos 1,64 a 2 desviaciones típicas. El C.E.B. usa 1,64 para que en leyes normales salgan valores con 5% de probabilidad de ser sobre

(*) Debido al peon control de calidad del hormigón y a su fragilidad. Las Normas A.C.I. (U.S.A.) usan idéntico coeficiente.

pasados. El CECM (Convention Européenne de la Construction Métallique) usa 2 para "penalizar las dispersiones de resistencias".

Las dos normas mayoran cargas, minorando además resistencias la de hormigón (más el hormigón que el acero por ser material más irregular el hormigón).

La lista de autores de H.A-61 incluye:

E. Torroja, A. Pérez, M. del Campo, P. García de Paredes, C. de la Peña, F. Arredondo, C. Benito, J. Calleja, G. Echegaray, J.M. Flórez de Losada, D. Gaspar, J. Laorden, J. Nadal, R. Piñeiro, F. del Pozo, L. Riesgo, J.M. Tobío, J. Batanero, A. García Meseguer.

La EM-62 tiene por autores:

J. Batanero, C. Benito, A. Blasco Vilatela, M. Bouso, F. Cassinello, G. Echegaray, C. Fernández Casado, A. García Meseguer, R.M. Guitart, R. de Heredia, V. Más, M. de Miró, F. del Pozo, A. Prado, F. Rodríguez Avial, R. Rodríguez Borlado, J.A. Torroja.

2.2.- Focos de actividad

Sigue habiendo numerosos focos de publicaciones en la materia. En general hacen artículos con desarrollos teóricos más o menos largos con ejemplos. Otros hacen estudios estadísticos sobre un caso concreto.

En Estados Unidos hay varios centros.

- Freudenthal sigue haciendo numerosos artículos en los ASCE. En particular sobre la influencia de cargas hiperestáticas (ref(30)). Usa leyes log-normales y de valores extremos como nosotros. Es director de Comisión seguridad de ASCE.
- Turkstra ha hecho numerosos trabajos con cálculos de ejemplos ref. 31 entre otras.
- Cornell se ocupa de la materia en el MIT, habiendo hecho artículo en ASCE sobre fundamentos teóricos del cálculo de

la probabilidad de ruina (ref. 29), propuesta al ASCE Task Comittée on Structural Safety sobre el enfoque a tomar en unas normas, teniendo en cuenta los factores que aparecen con enfoque práctico, y monografía sobre riesgo sísmico preconizando leyes de valores extremos de tipo I de modo teórico (ref. 28).

- Ferry Borges hace investigaciones importantes sobre el viento y sobre seismos, participando en comisiones internacionales (ref. 32).

El Sr. Carpena y la Sra Manuzio se ocuparon del tema en Italia, para el CIGRE, organismo para equipos eléctricos y CECM, proponiendo una orientación diferente: se limita la probabilidad de ruina anual (en el primer año). En el CIGRE con otros autores hicieron normas semiprobabilistas.

Los Sres. Ang y Amin tienen un trabajo interesante para el cálculo de la ruina de estructuras hiperestáticas (ref. 44).

En Méjico Octavio A. Rascoón Chávez hace trabajos sobre fatiga (ASCE), de utilidad en aviación.

En Francia M. Demarre, Director ^{Adjunto} del Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, ha hecho numerosos trabajos sobre cargas de viento, en vistas a nuevas normas francesas.

Hay diversos autores que han estudiado datos naturales. En particular están en revisión las normas de viento y sísmicas. Muchos otros autores han tratado el tema (ver bibliografía) con aportaciones originales.

2.3.- Tendencias

En estas fechas (1969) surgió una fuerte tendencia a hacer todo probabilísticamente.

La ISO, el CEB, el CECM piensan hacer normas probabilísticas, teniendo grupos de trabajo, y en particular el CECM, al cual pertenecemos en este momento (Mayo 69).

Hay falta de datos experimentales.

El CIGRE (asociación europea para aparatos eléctricos) estableció a conciencia unas normas para pilares ^{de líneas} eléctricos muy cuidadas en que intervinieran probabilidades, pero sin optimización económica.

Se fundan en el hecho de que las cargas principales son ecológicas, con ciclos anuales. Se fija el riesgo anual (en el primer año) de ruina según "clases de seguridad de torres".

Las velocidades de cálculo de viento, son medias más 6 a 11 veces las desviaciones típicas. El riesgo de ruina se reparte entre distintas causas de ruina. El estudio de las cargas de viento, térmicas,... propias de torres está muy detallado. Se han propuesto estos enfoques para edificación.

Lo más importante en el momento es cómo definir cargas y resistencias (características u otras) y cómo presentar coeficientes (en tabla, en producto, en función de la probabilidad de ruina en un período dado, según coste ruina / coste elemento...).

Tenemos noticias de que en otras técnicas, en la portuaria en particular, se están usando principios probabilistas, siendo útil que las definiciones de cargas sean las mismas de unas a otras.

Aún sin ~~medidas~~ medidas exactas, es admitida la necesidad de usar alguna ley de valores extremos para las cargas, y alguna reducción en la superposición de cargas cuyos máximos no tienen por qué superponerse.

En Holanda hay buenas publicaciones. Así en Heron nº 5-1968, (ref. 25) hay un artículo de J. Kuipers muy interesante, en cuanto a

superposición de cargas. En particular es útil la presentación de curvas de misma seguridad para la suma de 2 cargas (Figura 2.1, en la que indicamos varias representaciones).

2.4.- Asamblea de Londres (Septiembre 1969)

Hemos recibido durante la redacción de este trabajo la Publicación Preliminar del Simposio sobre nociones de seguridad en estructuras y métodos de elaboración de proyectos.

Entre los autores: (F. Stüssi, R.E. Rowe, F. Fox, C.W. Newberry, J. Despeyroux, G.R. Mitchell, H. Rüsch, J. Leclero, J. Ferry Borges, A.R. Flint, Th. Kármán); figuran presidentes y notabilidades de las Asociaciones Internacionales de Construcción.

Posteriormente tuvimos ocasión de asistir a este "Simposio sobre las nociones de seguridad de las estructuras y métodos de elaboración de Proyectos".

Salvo una intervención crítica de F. Stüssi, (tema I) y algunas observaciones fundadas sobre la importancia del criterio profesional (Beles y otros), hubo unanimidad en la utilización de nociones probabilistas.

En el tema II, conceptos de seguridad con énfasis en hormigón..., Rowe presentó un resumen histórico, insistiendo sobre la participación inglesa (Dugsley y la Institution of Structural Engineers y el C.I.R.I.A), así como indicando una breve y precisa indicación de las actividades en el tema del C.E.B. (de 1963 en adelante), C.I.B., - F.I.P., C.I.R.I.A., C.E.C.M., e I.S.O. en la cual participó principalmente, así como los simposios del A.C.I. (American Concrete Institute) y el A.S.C.E. (American Society of Civil Engineers) sobre el tema. En el pensamiento de los ingleses está el hundimiento de 5 torres de refrigeración de centrales térmicas y el "colapso progresivo" de un edificio - alto de paneles prefabricados mal unidos debido a una explosión doméstica de gas (se hundió lo que estaba encima de la cocina afectada).

El Dr. Rowe introdujo las nociones y notaciones generales (ver nuestro capítulo 3), y enumeró trabajos futuros (definición de características, problemas de superposición de cargas, probabilidades de ruina en diversos estados y uso de coeficientes parciales.)

Participaron en la discusión varios de los más notables contribuyentes en el tema. Rodin y Charles Chanon, Vasco Costa (Portugal) sobre "Reducción de Consecuencias de Accidentes", Ang. (U.S.A.) con un método suyo, completo aunque de aplicación discutible, de introducir errores en hipótesis, ^(*)Lightenberg (Holanda) y Ravindra y Heaney (Canadá), Shinozuka (U.S.A.) sobre la importancia de las pruebas de carga, Pahoeimo - (Finlandia) con su teoría completa en particular para superposición de -

(*) Ver 13.1, ref 44.

cargas, Herzog (Suiza) G. Fox continuó presentando el tema II, con -
"Safety concepts, with particular emphasis on Steel", que extiende a
la construcción metálica las consideraciones de Rowe. A pesar de querer
ponerse al mismo pie que el hormigón aparecen costumbres distintas, como
la de poner coeficientes de seguridad distintos para cargas vivas y muer-
tas. Compara la notación americana y la europea (γ_m , γ_s , que parece
va a introducirse por la I.S.O.)

Con el tema III se trata de las medidas de cargas, presen-
tando estudios experimentales.

C.W. Nepeherry expuso sus "Effects of Wind" (Inglaterra),
J. Despeyroux con su "Seismes" hicieron resúmenes muy útiles para poner-
se al corriente de la cuestión, mientras que G.R. Mitchell expuso un -
muy importante estudio estadístico sobre cargas de uso en edificación,
resumen elaborado de largos y útiles trabajos.

Entre las discusiones preparadas estuvieron Amin y Ang -
(U.S.A.) sobre "Conceptos estadísticos en diseño sísmico", "Tang, Ho-
Shan y Benjamin, Fumihito Itoh, Japón sobre fatiga.

El tema IV corrió a cargo de H. Rüsh y Jacques Leclerc sobre
"Los materiales, carácter aleatorio de sus características". El primer
autor, que tiene muchos otros trabajos incluso estadísticos, presentó
una exposición con abundante experimentación sobre las resistencias -
(tracción, compresión) del hormigón y el segundo expuso desde la solidi-
ficación del lingote hasta los aceros endurecidos por torsión las causas
y valores de la dispersión de la resistencia del acero.

En comentarios J. Ferry Borges (Portugal) habló sobre previ-
sión del comportamiento de estructuras sobre "La base de propiedades -
físicas de materiales, habida cuenta de los caracteres aleatorios de las
solicitaciones, de las características de los materiales y de su dispo-
sición en obra. Evaluación de los riesgos de puesta fuera de servicio.

a) Miembros constructivos y uniones.

b) Estructuras en su conjunto.

A.R. Flint, Great Britain, habló sobre métodos de elaboración de proyectos habida cuenta de las consideraciones precedentes; - modelos matemáticos a usar (elasticidad, plasticidad); definición y - elección de los estados límites. Procedimientos de introducción de la seguridad.

Karman, (Hungría) habló sobre sugerencias para recomendaciones prácticas.

En todos los temas hubo discusión libre, donde participaron varios de los ponentes como Ferry Borges (presentando trabajos sobre cargas no lineales y con un trabajo sobre superposición de cargas en ejecución), Larin (Presidente de la Comisión 1 del C.E.C.M. sobre sus ideas en construcción metálica con $\gamma_m = 1$, y resistencia característica = media menos dos desviaciones típicas), Sfintesco (sobre viento, Jefe de Investigación del C.T.I.C.M. y miembro ~~correspondiente~~ del - - C.E.C.M., C. Manuzio (que contribuyó a la norma para torres metálicas del C.I.G.R.E.) Hansen (presentando la norma noruega de cargas) y muchos más.

Asistieron muchas otras personalidades (Batanero, Skillard, Massonet,...).

2.5.- Reunión del C.I.B. en Madrid

Posteriormente tuvo lugar en Holanda una reunión del C.E.B. y de la I.S.O. sobre la normalización de la notación relativa a seguridad. Se trató de acuerdos con la A.C.I. sobre notación. Naturalmente se trató de muchos otros temas, siendo nombrados varios españoles (Morán, Montoya, Lahuerta) como miembros asociados del C.E.B. y siendo invitados otros (entre los que estamos) a trabajar en las comisiones como adheridos.

Tuvo en Noviembre lugar en Madrid una reunión del Comité W. 23 del C.I.B., que se reunirá cada año y medio y el W.23 A.

La reunión se hizo con traducción simultánea, y en ella participaron personalidades de primera fila ~~que no se mencionan en el informe~~

Estas personalidades son las que dan importancia al C.I.B. ya que parte de sus facultades han pasado al C.E.B. y C.E.C.M.

Presidieron ^{Ostavnov Smirnov} ~~Smirnov~~ y ~~Smirnov~~, de la U.R.S.S., presentando trabajos de:

- Talhí, sobre nomenclatura, parecido al de la I.S.O.
- Øivring, sobre teorías probabilistas de seguridad (en osos de responsabilidad puramente económica). Habla de un interés del dinero por primera vez (10% al 17% por corresponder a las amortizaciones en su país, que nos parecen altas para construcción).
- ~~Ostavnov~~ sobre la acumulación de nieve en invierno.

Noruega presentó (Hansen) su norma de cargas, participando Mohn por Dinamarca (I.A.S.S., construcción metálica), Sahlin por Suecia Karman por Hungría.

Tuvo papel fundamental en las discusiones Ferry Borges de Portugal, así como Rüsch de Alemania, con un trabajo sobre el tanto por ciento requerido en resistencia característica y sobre control de calidad.

En la discusión pedimos que se fijase un 5% de probabilidad a priori de ser sobrepasada para las cargas (por las razones del capítulo 3). Encontramos a continuación varios miembros dispuestos a poner 5% para resistencias (especialmente Rüsch y Ferry Borges), lo que fue aceptado con algún inconveniente para la construcción metálica y se -

(*) Las decisiones del C.I.B. no obligan al C.E.C.M. Las de la I.S.O. sí (por delegación de Nación a O.N.U., de O.N.U. a U.N.E.S.C.O., U.N.E.S.C.O. a I.S.O.).

aceptó como referencia 5% para cargas (pues Rusch es partidario de - que cada carga tenga una probabilidad distinta para que sus coeficientes sean los mismos).

Papel muy importante tuvo Mitchell, de Inglaterra, presentando sus estadísticas de cargas en edificios, resultado de medidas numerosas y de unas exhaustivas elaboraciones de datos en computador.

Por Bélgica Pfeferman presentó un trabajo sobre ~~deformaciones~~.

En representación francesa Mathez, presentando una propuesta sobre deformaciones y Saillard.

En representación española estuvieron J. Nadal.

- F. Cassinello, participando en W. 23 A ^{normas de} sobre euros.

- J. A. Torroja.

- A. Meseguer, que distinguió entre:

Cargas naturales (viento...) independiente de la decisión humana

La nominal se puede hacer igual a la característica por convención (viento, nieve).

Cargas artificiales dependiendo de la decisión humana.

fijadas a priori

un usuario responsable

La nominal es igual a la característica (Almacén)

varios usuarios

La carga nominal será menor que la característica (Ascensor, puente).

Uso normal sin considerar cargas.

(Residencia u oficina)
El usuario no respeta la nominal.
Puede dársele un valor por convención.

La discusión sobre el tema, con ciertas opiniones de que "la nominal es la característica como la potencia nominal de un motor" y "si el usuario no respeta la nominal, debe ser su culpa, por lo menos según las costumbres de mi país" (Rusch) aconsejó no dar una conclusión.

- Comyn como organizador.

- F. Aguirre y J.M. Antón como observadores.

En la distribución de trabajos futuros (Lewiski), se tomaron varios acuerdos. Se ^{propuso} ~~propuso~~ a Meseguer y a Antón en las Comisiones de trabajo.

2.6.- Trabajos anteriores del C.I.B.

Las primeras comunicaciones de Torroja y Páez, junto con otros, fueron al C.I.B. sobre 1948. En ese organismo se hicieron internacionales, pasando después las consideraciones probabilistas al C.E.B. y al C.E.C.M., fundados después y en parte con iniciativa del C.I.B.

2.6.1.- Entre comunicaciones posteriores del C.I.B. podemos citar por indicación de F. Cassinello, Director Adjunto del I.E.T.co, miembro del C.I.B. (Comité W. 23 on Basic Structural Engineering ^{Requirements} ~~Requirements~~ for Buildings) las de 1962 (París).

- K.E. Tahl, sobre el método ruso de dimensionar (características $6_k = 6(1 - 3\sqrt{\frac{1}{m}})$ y coeficientes menores comparado con el del C.E.B.

- Estudios comparativos de cargas de Streletsky.

2.6.2.- En 1963, Gaston:

- Estudios sobre cargas de uso (tecnológicas)

- Parámetros básicos y terminología en la consideración de seguridad estructural, de Thomas, que incluye los paráme

tros γ_m , γ_s , divulgando pues el lenguaje actualmente usado en Europa.

- Comparación de coeficientes efectivos de seguridad en diversos países de Tahl.
- Streletsky y Bat, comparación de normas para cargas de grúas en varios países.
- Comparación de códigos de viento en varios países.

2.6.3.- En Oslo, 1965:

- Estudio sobre cargas vivas en ~~suelos~~ forjados.
- Estudio de puentes-grúa (Bat).
- Cargas de uso industriales (Kelpikov).
- Algunos problemas teóricos de Karman, Nadal, Director del I.E.T.cc, miembro del C.I.B. publicó una Norma sobre cargas en el Instituto Torroja (1961).

3) LA NORMALIZACION Y SUS PROBLEMAS

3.1) Su interés.

Es del mayor interés el que todo el mundo use el mismo - lenguaje. Esta unificación es una de las razones de ser de las aso- ciaciones nacionales e internacionales para hacer normas (ver al - principio una pequeña lista de Asociaciones, capítulo 0.5).

En el momento actual se está pasando de proyectar en vis- ta a lograr una pretendida seguridad absoluta usando cargas de ex- plotación pretendidas máximas, a usar unas cargas y resistencias - con definición estadística y garantizar únicamente por coeficientes de seguridad que el riesgo de ruina ha sido llevado a valores bajos. Un incremento de coeficientes rebajará ^(*) en todo caso el coste espera- do estadísticamente de ruina menos de lo que aumenta el coste de la estructura, buscándose coeficientes mínimos que cumplan esto. Con ello se garantiza que el riesgo de ruina está cubierto todo lo que deben cubrir los coeficientes de seguridad, ^(**) quedando en muchos ca- sos reservas notables de seguridad no consideradas en el cálculo. - Aunque la complejidad de los fenómenos que intervienen quite exac- titud a los cálculos, los métodos probabilistas dan una seguridad - más homogénea en la estructura, y permiten considerar mejor reduc- ciones en los coeficientes de seguridad.

La introducción de nociones probabilistas se hace de - modo a no cambiar las costumbres de cálculo. Tiene por resultados - reducciones de coeficientes, justificados puesto que es rarísimo - que se caiga una construcción por coeficientes bajos (aunque se han presentado ciertas averías en pilares de esquina por el viento).

(*) Es decir, que no habrá ventaja en aumentar estos coeficientes.

(**) Pudiendo tomarse otras precauciones, como reservas hipercríticas, seguridad contra fuego o accidentes, etc...

3.2) Problemas fundamentales

La ISO parece va a inclinarse por unas definiciones bastante parecidas a las usadas en España, en particular por el Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (H.A.61-E.M.62). Son también las del CEB (ref. 21 a 24).

3.2.1) Características. La propuesta de la ISO emplea esta palabra característica para indicar las cargas y resistencias estadísticamente definidas a introducir en el cálculo. Según palabras de esta propuesta: ~~las características son los valores característicos~~

Cargas: los valores característicos son, por definición, los que presentan una probabilidad, aceptada a priori, de no ser sobrepasados del lado de valores más desfavorables durante la duración prevista de la explotación de la construcción...

Resistencias características: "... presentan una probabilidad aceptada a priori de no ser alcanzadas..."

Si fijamos unos valores pequeños para estas probabilidades, obtenemos unas cargas excepcionales y unas resistencias mínimas de valores parecidos a los de las cargas excepcionales empleadas antes de hablar de consideraciones probabilistas. Entonces se pueden ir reemplazando las cargas excepcionales poco a poco por las características a medida que las normas de cargas vayan usando definiciones probabilistas, y análogamente se pueden ir introduciendo consideraciones estadísticas en resistencias.

Para materiales de técnicas distintas, como construcción metálica y hormigón armado, es admisible fijar probabilidades a priori distintas con coeficientes distintos habiendo poco inconveniente en ello (tal vez al considerar estructuras mixtas...)

Las asociaciones de hormigón (C.E.B., norma española),
usan una resistencia con el 5% de probabilidad de ser sobrepasada.

Si la ley de las resistencias fuese normal, lo que va bien con la experiencia, corresponde la ~~resistencia~~ característica a la media estadística menos 1,64 desviaciones típicas,

Las asociaciones del acero (C.E. C.M.), usan una resistencia definida por media menos dos desviaciones típicas. Corresponde a una probabilidad del 2,7% si las leyes son normales.

Otro objetivo que se persigue con estas definiciones y que aparece en los comentarios de la H.A.61 (ref.21) es el de que la seguridad sea función sólo de la característica. Si tenemos dos hormigones, con misma característica, pero uno con mayor media y más dispersión, la probabilidad de ruina en construcciones análogas es parecida, según puede calcularse a partir de los ábacos de 7.1 (*)

Esto ya no es cierto para cargas muy aleatorias como el viento. En dos vientos de mismas características, el de mayor dispersión trae consigo una mayor probabilidad de ruina. Puede verse esto también a partir de los ábacos 7.1.

Convendría definir la probabilidad a priori que aparece en la definición de carga característica. Un 5% va bien para que las cargas características sean próximas a las excepcionales usadas en las normas. Tomamos el 5% para hacer números. Hay muchas cargas (capítulo 5) características que crecen con el periodo considerado de vida de la estructura.

Conviene en las normas de cargas indicar un periodo de vida de la estructura, de 50 a 150 años según el tipo de estructura. Aunque hay construcciones que deben servir más años, considerar más de 150 años pierde sentido en cuanto a costes de ruina se refiere (puede verse poniendo un interés al dinero), salvo casos poco frecuentes en los que los riesgos son enormes y crecen con el tiempo (presa con embalse importante). En general cuando se habla

(*) En efecto a igualdad de carga y de enanos, en hipótesis se ve a partir de 7.1 que la mayor dispersión se compensa con la mayor media si la característica se mantiene constante.

de cargas en vidas mayores de 150 años lo que se hace es aumentar los coeficientes de seguridad (normas sismorresistentes en particular referencia 35); el resultado de este modo de proceder puede ser correcto.

Cuando la norma sea para un tipo de estructuras de construcciones dadas, se puede asignar una vida de cálculo, e incluso suponerla implícitamente dando únicamente valores de las cargas para ese tipo de estructuras. Es más o menos lo que se hace al poner cargas mayores en edificios públicos que en viviendas: se tienen en cuenta a la vez mayores cargas posibles y una mayor vida posible.

3.2.2) Otros conceptos relacionados con cargas. La carga característica es un único número de definición probabilista asignado a una carga. Sólo si la carga es de definición probabilista tendremos coeficientes y cálculo probabilistas.

Hay otras definiciones de un único número aplicable a una carga:

- de explotación: noción no precisada, parecida a la característica. En muchas normas se habla sólo de carga de explotación.
- de prueba, que debe soportar la estructura para ser recibida. Se ha propuesto como característica, siendo esto natural a falta de otra carga a tomar como característica.
- nominal. Según normas españolas (Instituto Eduardo Torroja) es aquella para la que se propone la utilización de la estructura. En ciertos casos se pone una placa con la "carga nominal" de la estructura en sitio visible. Tiene sentido cuando la carga depende de la voluntad humana. (Ver nota de Meseguer 2.5).

Lo más conveniente es actuar como sigue:

- Se introducen en los cálculos cargas características.
- Donde hay normas con cargas de uso, o de explotación excepcionales, o de prueba, y no de características, se toman como características.
- Si no hay normas se estiman cargas características con probabilidad dada a priori, por ejemplo 5%, de ser sobrepasada en la vida de la estructura.
- Una norma nueva se hace con cargas características, teniendo en cuenta la vida de la estructura, o asignando un valor a esa vida, o dando la carga suponiendo implícitamente la vida de la estructura. También se pueden dar leyes estadísticas completas de cargas (3.2.3).
- Se toman de las normas de materiales los coeficientes de seguridad a emplear en función de diversos parámetros.
- A falta de otra es la carga característica la que aparece en el Anejo de Cálculo y la que delimita la responsabilidad del Proyectista, suponiéndola nominal.
- Si se teme que el usuario no respetaría una nominal menor que una característica, se pone una nominal menor, de modo que el usuario, vista la nominal, respete la característica. Tal se hace en ascensores pues el usuario no suele respetar la nominal. Las normas del Instituto Eduardo Torroja (ref. 21, 22) proponen carga característica = 1,1 veces la nominal. La nominal sería la que delimitaría responsabilidades entre usuario y proyectista. (Ver 2.5, Mesequer)
- En cargas de origen natural (viento, nieve), tiene

poco sentido la carga nominal, salvo que la tomemos igual a la característica por convención.

3.2.3) Definición estadística completa

Cabe usar la ley de probabilidades $G(S, N)$, probabilidad de ^(no) sobrepasar la carga S en un período N . Así se opera en crecidas de ríos, obras marítimas frente al oleaje, etc..

Dada esta ley se sabe todo sobre esa carga, siendo además útiles datos de su compatibilidad con otras.

En particular con esa ley podemos definir la característica S_{N_0} en un período N_0 por $0,95 = G(S, N_0)$.

Para $G(S, N)$, nos interesa una ley a priori, es decir tal como se conoce al hacer el cálculo de la estructura. Un análisis de $G(S, N)$ nos conduce a observar que:

- Hay ciertas cargas que son acciones independientes repetidas en el tiempo (viento, terremotos, uso en ciertos casos). El valor real de la carga S va a ser aleatorio de ley de valores extremos (Gumbell ref.26). Se suele tomar por muchos autores (Manuzio, Cornell, Freudenthal,...) leyes de valores extremos de tipo I. Para definir la ley bastan dos parámetros en un período dado. Son interesantes la media y la dispersión típica en un período anual, y la característica S y la dispersión (desviación típica/media) en la vida de la estructura: tomaremos 50 años para hacer cálculos. Podemos llamar "aleatoria" esta causa de incertidumbres. En leyes de valores extremos de tipo I característica = media en el mismo período más 1,87 desviaciones típicas. Característica en 50 años = media en un año más 4,94 desviaciones típicas.

- Hay otras que guardan valor permanente como las cargas permanentes prescindiendo de la humedad del material y de las reformas de tabiques. En estas cargas interviene el fenómeno de error en conocimiento, que calificaremos de "incierto". Suelen ser bien representados por cargas normales. En ellas característica = media + 1,64 desviaciones típicas.
- En general las cargas son de acción repetida y el conocimiento de las leyes que siguen sus parámetros es incierto (fenómenos "aleatorio e incierto" según Ferry Borges, ref. 33). En el capítulo 5 haremos unas suposiciones para su definición matemática, suponién~~do~~las producto de una aleatoria S_1 por una incierta $X S_1$ de leyes de valores extremos y log-normales regpectivamente.

3.3) La presentación de las normas de comprobación.

Es evidente que se pueden lograr mismos resultados de varios modos, aumentando las cargas y disminuyendo coeficientes de seguridad por ejemplo.

3.3.1) Forma propuesta por las asociaciones de construcción.

Por su forma generalmente aceptada nos parece la mejor. Es la que propone la I.S.O. (Ref. 7.4)

3.3.1.1) Generalidades.

Se suponen adecuadamente definidos los casos de cargas a considerar, los valores característicos de estos casos de carga i , las resistencias características σ_k de los materiales, las comprobaciones que hay que hacer y en ellas cómo se calculan esfuerzos debidos a las cargas que deben ser menores que los esfuerzos de agotamiento correspondientes debidos a las resistencias.

Para ello se minoran las resistencias características σ_k por coeficientes de reducción γ_m , dando resistencias de cálculo σ_k / γ_m con las que se calculan esfuerzos resistentes R.

Se mejoran los valores de los casos de cargas de cálculo características S_i por coeficientes γ_i . C_i será símbolo igual a γ_i y lo empleamos por ser más fácil de escribir a máquina.

3.2.1.2) Coeficientes de ponderación.

Cuando actúa una única carga, la intensidad de carga de cálculo es $C_i \cdot S_{ki} \circ S_{ki} \cdot \gamma_{si}$. Pero es preciso casi siempre considerar varios casos de carga compuestos de casos de carga de naturaleza distinta, como viento, cargas permanentes, nieve, de compatibilidades complicadas, y con unos repartos de cargas a esfuerzos no necesariamente lineales.

Aunque se han usado métodos menos potentes, se está introduciendo la presentación de coeficientes de ponderación $C_{i,el}$, con los e_{il} en general menores de uno. Se harán las comprobaciones con los casos de carga $\sum_i S_i C_{i,el}$, designando esta fórmula simbólica una comprobación l con un conjunto de casos de carga i actuando sobre la estructura simultáneamente con intensidades $S_i C_{i,el}$ cada uno.

Hay que considerar como casos de comprobación los conjuntos compatibles de cargas, y dentro de cada uno de ellos un número pequeño de fórmulas l. Con ello se puede tener una aproximación de "seguridad homogénea", es decir representar por sumas lineales de casos de cargas unas influencias más complicadas de las cargas sobre cada elemento. (Ejemplo en capítulo 11)

3.2.1.3) Ejemplos. Figuras de representación.

Por ejemplo ~~una propuesta~~ americana (A.S.A.) de hormigón pro-

pone :

S_w = carga de viento y sísmica.

S_s = carga de servicio.

S_p = permanente.

Para cada combinación posible de casos de cargas se considerará la suma más desfavorable de:

$$1,2 S_p + 2,4 S_s + 0,6 S_w,$$

$$1,2 S_p + 0,6 S_s + 2,4 S_w,$$

$$2(S_p + S_s + 0,5 S_w), \text{ (El 2 es 1,8 para flexión)}$$

$$2(S_p + 0,5 S_s + S_w) \dots (2 \text{ para pilares; } 1,8 \text{ para vigas}).$$

Si las cargas se sumasen sobre un elemento de resistencia 1, la zona admisible sería expresable por un sólido formado por planos en el espacio (figura 3.2), bastante parecido a un sólido teórico de caras curvas que se obtendría con cálculos estadísticos (figura 2.1 en dos dimensiones). De hecho las cargas influyen sobre un elemento de modo complicado. Si se puede representar por fórmulas lineales el paso de cargas a esfuerzo las figuras del tipo de la 3.2 indican bastante bien cómo se están considerando las superposiciones de cargas. El interés de la figura es que si varios conjuntos de coeficientes C_{i1} dan figuras muy parecidas las dos familias de coeficientes de seguridad son equivalentes. El sólido que nos interesa es el lugar geométrico de los valores de los $S_i \geq 0$ que cumplen $1 = \sum_{i=1}^n S_i e_{ir} C_i$ para todas las fórmulas 1. Otro organismo internacional propone otra presentación:

S_p = permanentes,

S_T = térmicas,

S_s = explotación,

S_n = nieve,

S_v = viento,

S_{nr} = nieve compatible con viento.

Siempre se considera $1,33 (S_t + S_p)$ o $1,33 (S_t) - S_p$ según que la carga permanente sea desfavorable o estabilizante. La estructura resistiría las peores combinaciones de cargas además - cada uno de los sistemas de coeficientes mayoradores siguientes:

$$1,5 S_s$$

$$1,5 S_n$$

$$1,5 S_v$$

$$1,4 (S_{nr} + S_v)$$

$$1,4 (S_v + S_b)$$

$$1,4 (S_s + S_n)$$

$$1,33 (S_s + S_{nr} + S_v)$$

En 3.1 representamos la figura análoga a la 3.2. Tiene un aspecto distinto a la 3.1. La 3.1 se parece más a una forma teórica de igual probabilidad de ruina. Sin embargo, las dos son mejores que el sumar todas las cargas y multiplicarlas por un mismo coeficiente.

Una figura 3.3 indica una propuesta nuestra al C.E.C.M. - propia, y la posible forma teórica. Ver fig. 3.4.

3.3.2) Otras formas.

Son posibles otras formas de presentación de las comprobaciones, especialmente en cuanto se conoce la función $G(S.N)$ de 3.2.3). Naturalmente a partir de $G(S.N)$ se puede dar una característica S_k en cada período de años, y considerar la forma de la función G para dar coeficientes. Este proceder es aconsejable en construcción, en particular en cargas de viento, que son las más sujetas a estadísticas. También sería aconsejable el hacer esto en cargas sísmicas, pero los especialistas de normas sísmicas suelen

hablar otro lenguaje: en la última norma española (ref.35) se dan cargas con mucho menos del 5% de probabilidad de ser sobrepasadas y coeficientes de seguridad muy pequeños. Recordemos además que los efectos de un terremoto son peor conocidos cuantitativamente - que los de otras cargas.

En la norma se habla de cargas de 50, 150, 500 años; más que una definición estadística de estas cargas, lo que hace la norma es fijar cargas mayores de mayor período en edificio en los que la ruina tiene consecuencias más graves (~~inmediatas~~).

En técnicas de construcción especializadas se emplean otros métodos, Así se habla de "la crecida de 100 años para daños leves" o "de la crecida de 500 años para daños graves" en normas de presas con superposiciones de cargas adecuadas, o del temporal de 100 años en obras marítimas... Mientras sea una técnica especializada, con sus usuarios y sus Comisiones para fijar las normas es natural que se usen estas definiciones.

El CIGRE (Organismo internacional técnico de electricidad) da presentación peculiar de la seguridad a tener en la construcción. Aparte de unos estudios muy detallados de los factores - que influyen en efectos de viento sobre cables, emplea media anual de la distribución de viento más un cierto número de desviaciones típicas (6 a 11), que corresponden a una característica de 100 años hasta muchos siglos, según la "clase de seguridad de la torre". Los cálculos son llevados de modo a tener una probabilidad de ruina da da en el primer año en las torres que están en condiciones más des favorables (10^{-6} a 10^{-3} según el tipo de torre).

3.3.3) En función de qué deben ser dados los coeficientes.

Parece del dominio común, y está recogido en propuesta ISO, que deben ser tenidos en cuenta ciertos factores. Asignamos (según ISO) un coeficiente a cada uno, sin definir su valor.

Factores:

- γ_{m1} - La reducción de resistencia por la puesta en obra del material.
- γ_{m2} - Las reducciones de resistencia por defectos locales accidentales.
- γ_{S1} - La posibilidad de intervención de solicitaciones externas más desfavorables que las externas caracterísisticas.
- γ_{S2} - La posibilidad de discordancia entre valores reales y valores calculados de las solicitaciones internas.
- γ_{S3} - La probabilidad reducida de que las diferentes solicitaciones externas, actuando conjuntamente, alcancen su valor característico respectivo.
- γ_{C1} - Del comportamiento de la estructura (fragilidad, falta de distribución de esfuerzos).
- γ_{C2} - Del riesgo de alcanzar un estado límite por el mayor o menor peligro.

Aunque se ha propuesto hacer $\gamma_m = f(\gamma_{m1}, \gamma_{m2}, \dots)$, y $\gamma_S = (\gamma_{S1}, \gamma_{S2}, \gamma_{S3})$, no se han definido numéricamente ni coeficientes γ_{Si} o γ_{mi} , ni las funciones f .

La forma de presentación es la del CEB (Franco Levi, ref. 24).

Las recomendaciones del CEB tienen en cuenta muchas de estas causas de error.

3.3.4) Mayoración de cargas o minoración de resistencias.

No es equivalente mayorar cargas a minorar resistencias si el paso de ellas a esfuerzos no es lineal. Si se dimensiona un

elemento para carga unidad, siendo el esfuerzo cuadrado de la carga para las unidades empleadas, y el coeficiente $\gamma_m \cdot \gamma_s$ es 2, debe resistir un esfuerzo de:

- Mayorando carga de 4.

- Minorando resistencias de 2.

γ - Mayorando por $\sqrt{2}$ y minorando por $\sqrt{2}$ de $2\sqrt{2}$.

En los casos de riesgo de pandeo es muy importante es te problema. En acero se ha resuelto mayorar cargas. En hormigón minorar resistencias y mayorar cargas. El objetivo debe ser encontrar "misma seguridad" sean cuales sea las leyes de reparto de cargas y resistencias a esfuerzos. el capital Daremos en 11 datos numéricos sobre este problema. Si el pandeo es predominante conviene mayorar cargas, y conduce a una seguridad homogénea. (Capítulo 10).

3.3.5) Criterios para tomar y presentar coeficientes.

Aparte de seguir la experiencia en la materia, que nos aconseja ir disminuyendo lentamente coeficientes, podemos hacer cálculos probabilísticos, y los capítulos que siguen tienen ese objetivo. Estos cálculos son para condiciones desfavorables (un elemento roto hunde la estructura). Para hacerlos se pueden tomar dos criterios:

- minimizar el coste de ruina de la estructura, en función del coste de ruina/coste elemento.
- indicar la probabilidad de ruina a tomar en la vida de la estructura.

Miembros del CIGRE proponen dar tablas de coeficientes en función de riesgos de ruina anuales (que llaman así al riesgo de ruina el primer año). El inconveniente es que para cargas permanentes de estructuras metálicas este riesgo es desprecia

ble después del primer año, pues ya tenemos cargas y resistencias en presencia, y se mantiene el riesgo bastante igual año tras año en cargas sísmicas. En cargas de uso crece más despacio que el nº de años, pues si ha resistido un año es que resiste las cargas que ya se han presentado, luego lleva mayor probabilidad de resistir el segundo. Por ello es índice incompleto no susceptible de entrar en cálculos económicos.

De nuestros cálculos se desprende (y de los cálculos de otros autores, como los de una comunicación de Cornell para el ASCE Task Committee on Structural Safety) que, cerca del óptimo el coste varía poco, y mucho la probabilidad de ruina. Se puede dar (capítulo 11) relación sencilla entre coste de ruina partido por coste de elemento con coeficiente óptimo, y probabilidad de ruina del elemento. El producto de ambos es del orden de $1/10$.

Parece muy bueno que la ISO dé las definiciones generales. Mejor sería si fijase el valor de la característica.

Las asociaciones internacionales, van más o menos a fijar modo de presentar coeficientes en Instrucciones, y dar valores en Recomendaciones.

Los Organismos competentes de las Naciones tienen ya unos coeficientes que tienen en cuenta algunos de los factores indicados. Van a analizar más los factores que entran en cuenta.

En general, cada tipo de construcción (puentes, puentes ferroviarios, edificación,...) va a tener sus normas de cargas a considerar. Cada técnica de construcción (Construcción metálica, hormigón armado, pretensado, construcción en perfiles ligeros,...). tiene unos organismos que dan los coeficientes, a aplicar para materiales γ_m y cargas γ_s . Suelen ya distinguirse varios casos de superposición de cargas, pero es mucho más potente la presentación en forma de coeficientes de ponderación. En general se au-

mentan los coeficientes con la peor ejecución del material (hormi-
gón) y con el aumento de riesgos de daños.

- Un problema que no se ha planteado probabilísticamente, pero que es bien delicado, es el de las cargas debidas al empuje del suelo (muros, asientos). En algunos casos cabe considerar cargas en rotura mayorando por coeficientes pero los casos de asien-
tos son más difíciles, aunque podamos definir unos asientos carac-
terísticos. Autoridades en la materia consideran que los efectos -
de los asientos son mucho menores que lo que indica el cálculo para
estructuras de edificación; a veces todo ocurre como si los asien-
tos fuesen la mitad de los reales.

Se han hecho teorías sobre optimización para dar car-
gas. Por ejemplo Suárez Bóres para ingeniería portuaria (ref. 1).

3.3.6) Observaciones sobre el período de retorno de la carga característica.

Es notable que la definición de característica al 5%
(según 3.2.1) corresponda a un período esperado muy largo. Para una
ley de valores extremos de tipo I es un período de unas 20 veces -
la vida de la estructura, o sea unos mil años, como se podrá ver -
a partir de 5.1.1.

4) Enfoque teórico nuestro.

No podemos profundizar más sin hacer un modelo matemático cuantitativo; para hacerlo hemos seguido en parte métodos usados por otros autores, y nos hemos visto obligados a hacer numerosos cálculos, en particular en el computador del Instituto Eduardo Torroja, y algunos en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, y a poner - cuidado en muchos detalles de concepto. Tanto el ordenador como ciertos matices nos han obligado a emplear un número de horas desproporcionado con los resultados aparentes.

4.1) Cargas.

4.1.1) Casos de cargas

Sobre una estructura actúan infinidad de acciones. Para comprobar la estructura en cálculo se toma un número finito de acciones, que se llaman casos de carga, y que deben representar las acciones más desfavorables sobre la estructura. El cálculo se hace con esos casos - de carga. Por ello su elección es más importante que el propio cálculo; una estructura se puede caer por omitir un caso de carga a menudo secundario, como el viento por debajo en un hangar.

La descomposición es más o menos delicada según lo sea la estructura. Así ocurre que una lámina tesa o un rascacielos requieren consideraciones de las cargas de viento más complejas que una casa de seis pisos.

Los casos de cargas suelen venir en normas, oficiales o no, o en pliegos de acciones.

Un caso de cargas unitario i será un conjunto de fuerzas - de valor dado aplicadas en puntos dados de la estructura. Lo llamaremos Caso i . Producto por un escalar S_i es un nuevo caso en que todas las - fuerzas son multiplicadas por un mismo número S_i , y tienen mismos pun-

tos de aplicación. Suma de dos casos de carga es uno nuevo en que se aplica el conjunto de las fuerzas de los dos casos de carga. Los casos de carga sobre una estructura forman, según se ve fácilmente, un espacio vectorial. Tanto el Caso i como S_i tendrán unas unidades adecuadas y correspondientes. Por ejemplo en el Caso i aparecen toneladas, toneladas por metro lineal, cuadrado y cúbico, metros toneladas, y entonces S_i es adimensional. Más corriente es que sea el Caso i adimensional (unidades de fuerza por unidad de superficie uniformes sobre un forjado) y S_i dimensional (toneladas por metro cuadrado). S_i es la intensidad del caso de cargas. Se representa un caso de cargas en un croquis con fuerzas aplicadas y el número de su intensidad en unidades físicas. En la práctica no se distinguen caso de cargas, vector, y su intensidad, número que puede entrar en cálculos como tal, y S_i designa uno u otro según convenga.

4.1.2) Intensidad de un caso de cargas

Las acciones sobre la estructura en un momento dado pueden representarse por valores S_i de los casos de carga en que se han descompuesto las acciones sobre la estructura. Esta representación puede ser más o menos fiel según el número de casos de carga i que se consideren para la comprobación, pero no tiene validez esta comprobación para el cálculo si las acciones más desfavorables en un período N no están representadas o superadas por las de los casos de carga i con valores S_i pésimos en un tal período. Tomaremos para S_i los valores que mejor representen la carga (sobrecarga de uso repartida, sobrecarga calculada de viento, en función de la calculada con anemómetro), instantánea, o que representen los peores efectos de las cargas en un período. En general los peores efectos en un período no son tan malos como las peores sumas, considerando unas cargas si y otras no, de los valores máximos de cada carga en el período pues no suelen coincidir los máximos (viento y nieve). Habremos de tomar estas sumas de cargas pésimas en períodos pequeños, pero son demasiado desfavorables

en la vida de la estructura, y ya se piensan reducir las sumas (ACI, CEB, CECM).

Las S_1 son variables aleatorias en cuanto que no se conoce su valor, ni instantáneo, ni máximo en cierto período, pero se tiene idea de qué valores toma.

En lo que sigue suponemos que actúan sobre la estructura - acciones equivalentes a los casos de carga con intensidad S_1 , actuando a la vez.

Si el conocimiento de un S_1 es bien defectuoso, salvo para - cargas permanentes, lo es mucho menos el de los máximos de S_1 durante un período. Sin embargo, si instantáneamente se superponen los casos de carga con valores S_1 , no se superponen sus valores máximos, en un período largo, habiendo en el capítulo 5 estudios aproximados de esta superposición, que es fundamental para reducir coeficientes de seguridad ~~estructurales~~.

4.2) Elemento

Las estructuras son descritas por planos con indicación suficiente de los materiales y métodos empleados. A veces se hacen comprobaciones de hundimiento global (métodos plásticos). Es más corriente hacer repartos de esfuerzos por métodos elásticos y comprobar después los elementos de que está compuesta la estructura.

Hay que suponer la estructura dividida en elementos, partes individualizables, susceptibles de soportar esfuerzos debidos a las cargas de resistirlos si no sobrepasan valores de esfuerzos resistentes, y de no resistirlos en caso contrario. Lo que sigue está pues encaminado a un cálculo en rotura de elementos.

La definición de elemento es difícil, como la de caso de carga pero debemos utilizarla. Hay tantos elementos como comprobaciones necesari

en una estructura. La descripción de las comprobaciones necesarias está en las normas, y en su defecto en la intuición del Proyectista.

4.3) Condiciones de ruina

Para comprobar un elemento cuando actúa en un conjunto de casos de carga de valores S_i , se considera el esfuerzo provocado por las cargas (Esf. (S_1, \dots, S_n) o Esf. (S_i) siendo Esf. una función a menudo lineal $\sum a_{ij}, S_i$), y el esfuerzo resistente correspondiente, función de las resistencias σ_g de los materiales g que aparecen en el elemento, (Er $(\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_3)$). σ_a suele designar acero, σ_b hormigón (beton en francés). La Resistencia de Materiales, Elasticidad, Geotecnia y las tecnologías particulares dan las funciones Esf., y Er aproximadas (Esf', Er'). Esf y Er son las reales y deterministas.

Hemos empleado la palabra ruina, que puede designar colapso total, deformaciones, fisuraciones.... Los costes de ruina son distintos en cada caso.

Cabe hacer comprobaciones globales de una estructura, como las del cálculo plástico. La estructura es entonces el elemento.

La condición de ruina de un elemento j 4.3.1) es:

$$4.3.1) \quad Er(\sigma_g) \leq Esf.(S_i)$$

para una combinación dada de casos de carga de intensidad S_i .

Como al proyectar no se conocen los valores exactos de los S_i , ni de los (σ_g) , y se hacen varias hipótesis inciertas, resulta que existe una probabilidad de ruina p_j del elemento j para una combinación dada de casos de carga, sin que sea posible anularla.

En general para un elemento dado hay una combinación más des-

favorable de casos de carga, que da una probabilidad mucho mayor de ruina. Si hubiese varias comparables procedería considerar lo desfavorable del caso, aumentando coeficientes de seguridad (orden del 5% al 10% según nuestros cálculos). En propuestas CIGRE se reparten probabilidades de ruina entre diversas causas. Según nosotros podemos olvidar este efecto, o bien multiplicar el (costo de ruina/costo elemento) por el número de casos.

Para hacer cálculos económicos hay que introducir el costo de la ruina, variable según el elemento o la comprobación (a rotura, a deformaciones admisibles, a fisuración), Costo_j si varía con el elemento, Costo si es el costo total.

Es necesario evaluar la probabilidad de ruina total de una estructura a partir de la de los elementos; si es isostática basta con que se hunda un elemento para que se hunda el conjunto. La probabilidad de hundimiento global es inferior a la suma de las probabilidades de ruina de sus elementos, (ref. 27). Si hay pocos elementos es muy cercana a la suma, como hemos comprobado en cálculo comprobando que la probabilidad de ruina de dos elementos a la vez es muy pequeña. En todo caso admitiremos que es igual a la suma, hipótesis que extendemos a estructuras hiperestáticas prescindiendo de reservas de resistencias en hiperestáticas por ser una reserva de seguridad difícil de evaluar. (Ref. 27). Sin embargo se espera sea tomada en cuenta en el futuro en cálculo plástico. La probabilidad de ruina real es menor que la suma propuesta porque hace falta que no resistan varios elementos, y los fallos en ellos tienen probabilidad menor de coincidir.

Los Sres. Ang y Amin (ref. 27) han contribuido al tema, - así como Freudenthal dando modelos matemáticos complejos.

4.4) Introducción de variables aleatorias.

Es necesario calcular la probabilidad de ruina del elemento j

a partir de magnitudes que podamos considerar como aleatorias y a partir de la condición de ruina 4.3.1.

Las magnitudes aleatorias que consideran todos los autores son los valores de casos de cargas máximas S'_i estimadas durante ciertos períodos, y las resistencias σ'_g de probetas. Hacen falta más variables para considerar varias otras causas de incertidumbre. σ'_g y S'_i deben ser las resistencias y cargas tal como se consideran a priori, es decir al proyectar, como variables aleatorias.

Vamos a calcular probabilidades de ruina en un tiempo grande, de años. La fórmula 4.3.1 es para valores instantáneos, o para combinaciones pésimas instantáneas durante un período.

Si bien en un período corto tienen poco sentido las definiciones que siguen, pueden tenerlo en uno menos corto por representar entónces errores pequeños las variables que introducimos.

4.4.1) Errores varios en esfuerzos debidos a cargas.

$X S'$ = esfuerzo real pésimo sobre el elemento en el período considerado/esfuerzo pésimo tal como es calculado al hacer el proyecto. ($Esf' (S'_i)$). (*)

En este factor englobamos una serie de incertidumbres;

- Sobre el conocimiento de cargas S'_i pésimas en un período
- Sobre el conocimiento de la función Esf .
- Sobre el cálculo práctico.
- Sobre la probabilidad de superposición de los máximos de las cargas en el período, mejor o peor considerado (métodos del capítulo 5).

(*) La función Esf es de varias cargas. $X S'$ tiene en cuenta errores sobre todas ellas a través de Esf .

- Sobre la correcta representación de las cargas reales por un número limitado de casos de carga.

El esfuerzo real máximo en un periodo es pues:

$$X S' \cdot \text{Esf}'(S'_1) = \text{Esf}(S_1).$$

Análogamente definimos XS para que $XS \cdot \text{Esf}'(S'_1) = \text{Esf}(S_1)$.

Para los cálculos en el proyecto se emplea la función Esf' en vez de la real Esf , como dijimos.

Con unos métodos de cálculo y de superposición de cargas - dados, $X S'$ debe tender al crecer el periodo considerado a ser una variable aleatoria representable por una variable normal o log-normal, pues - indica errores, y de dispersión débil. Lo mismo ocurre con XS.

4.4.2) Errores de ejecución en resistencias.

$X R'_g$ = resistencia real del material g /resistencia supuesta σ_g'' .
Depende de la ejecución material y del modo de definir σ_g'' (por ejemplo σ_g'' puede ser la hallada en probetas).

$$\sigma_g / \sigma_g'' = X R'_g$$

4.4.3) Errores de hipótesis en cálculo de esfuerzos resistentes.

$X R_e$ = esfuerzo resistente real/esfuerzo calculado con la función $E\sigma'_g$ y resistencias reales. σ_g .

Tiene en cuenta incertidumbres en la función $E\sigma'_g$, en el cálculo, y las variaciones de dimensiones sobre las reales.

4.4.4) Condición de ruina aleatoria.

La condición de ruina en un periodo de un elemento es para una comprobación dada, correspondiéndose esfuerzos resistentes a los

debidos a cargas es:

$$X S'. \text{Esf}' (S'_1) \geq X R. \text{Er}' (X R'_g \cdot 6''_g)$$

4.5) Las 3 condiciones de ruina.

En muchos casos $\text{Esf}' (S'_1)$ es lineal $\sum_1 z_{1j} \cdot (S'_1)$

$$S'_1 = S'_1 \cdot X S'_1 ; \quad 6_g = X R'_g \cdot 6''_g$$

4.5.1) Fórmula aleatoria.

Usa variables aleatorias, tal como se pueden definir al hacer el proyecto.

$$X S. \text{Esf}' (S'_1) = X S'_1 \cdot \sum_1 z_{1j} \cdot S'_1 = X S'_1 \cdot \text{Esf}' (S'_1) \geq X R \cdot \text{Er}' (X R'_g \cdot 6''_g)$$

Estas variables son útiles a efectos de consideraciones probabilistas. Definimos $EH = X S'_1 / X R$. (Errores en hipótesis).

4.5.2) Fórmula de comprobación

Esta fórmula es la usada al comprobar un proyecto, y es la que define, el caso de comprobación, en general tomado de normas de la costumbre o de la intuición del proyectista:

$$\max_l \sum_1 z_{1j} \cdot S_{1k} C_{1il} = \max_l [\text{Esf}' (S_{1k} C_{1il}) \geq \text{Er}' (6_{gk})]$$

Los valores que aquí entran son los que figuran en las normas:

- Valores característicos $S_k, 6_k$.

- Coeficientes de ponderación C_{1il} . (Puede no haber más que un l , es lo más usual).

4.5.3) Fórmula instantánea

Es la que proviene de Resistencia de Materiales, de donde se toman las funciones $Esf.$ y Er . Deben figurar valores instantáneos de cargas S_i y valores reales de resistencias σ_g , así como funciones reales Er y $Esf.$ (no conocidas).

$$\sum_i a_{ij} S_i - Esf(S_i) \geq Er(\sigma_g)$$

4.6) Observaciones

Según lo visto en 4.5) se toma la función de Resistencia de Materiales (4.5.3),..., para dar una relación de comprobación 4.5.2.

Las definiciones de valores en la relación de comprobación, son las únicas a usar por el proyectista.

La fórmula aleatoria (4.5.1) es variable según autores y muestra los factores aleatorios a tener en cuenta, para que la relación de comprobación (4.5.2) nos limite adecuadamente la probabilidad de ruina debida a un exceso de cargas sobre las resistencias. Permite, al menos en principio, calcular los γ y los $C_i \cdot \sigma_{il}$.

Las estructuras suelen caerse por alguna causa definida, como olvidar una acción, una comprobación, o hacer errores graves de ejecución. Los coeficientes de seguridad altos son poco útiles para limitar estos riesgos de ruina, que no tenemos en cuenta aquí.

5.- El problema de la superposición de cargas. (*)

Cuando hay cargas de naturaleza distinta ^{simultáneas} ~~comparadas~~ se sabe que es muy pesimista el superponerlas mayoradas cada una como si actuase sola. En este capítulo vamos a ver lo que pasa con cargas cuyos efectos se suman linealmente sobre un elemento, es decir, calcular la distribución de la suma de los $a_{ij} S_i$ suponiendo aleatorios los sumandos S_i .

La suma de los $a_{ij} S_i$ no tiene por característica la suma de las características $a_{ij} S_{ij}$. En primer lugar si coincidiesen los máximos de S_i durante la vida de la estructura, la suma de las características sería mayor que la característica de la suma. Basta suponer los S_i con leyes normales para comprobar esto fácilmente.

Además no tienen por qué coincidir los máximos de las cargas de naturaleza distinta. El máximo de viento coincidirá con una carga "media" de uso, y así sucesivamente. Se podría estudiar esta superposición en cada caso con medidas adecuadas, pero no se ha hecho. La reducción en la suma de cargas características, por no coincidencia de máximos obliga a disminuir fuertemente los coeficientes de seguridad en la suma de cargas de naturaleza distinta, si queremos tener una seguridad análoga frente a diversas combinaciones de cargas.

Vamos en este capítulo 5 a describir unos modelos matemáticos para describir la superposición de cargas. Aún siendo sólo aproximados, tienen fundamento y obligan a precisar la diferencia de los errores "incierto" y "aleatorios" (capítulo 3), y el papel que juegan las leyes de valores extremos en el estudio de cargas repetidas.

Además de enriquecer así nuestra comprensión del fenómeno - permiten dar unas conclusiones cuantitativas que creemos válidas si

(*) Una primera idea de este capítulo funnagos puede tenense leyendo 5.1.2., 5.1.4., 5.2.2, 5.3.1., 5.3.,2., 5.3.,3, 5.4., y viendo las figuras del capítulo.

se toman con precaución.

5.1.- Estudio de cargas repetidas.

5.1.1.- Descripción de una carga aislada.

Salvo si es carga permanente conviene considerarla como aleatoria, entendiendo como aleatoria una carga que tiene probabilidades de sobrepasar ciertos valores en períodos de tiempo dados. Supondremos que en períodos suficientemente grandes distintos, estas probabilidades son independientes, y que son iguales en períodos iguales. El máximo de una carga en un período largo sigue entonces una ley de valores extremos. Muchos autores toman leyes de valores extremos de tipo I (Cornell en el M.I.T., Manuzio y Carpena para el Cigre, Demarre en Francia, G. Navarro en España, para ciertas cargas...). Sólo con medidas muy precisas procede tomar las del tipo II (H. Thom, Viento en U.S.A., ref. 5) u otras. (Ref. 6). *u otras.*

En un período pequeño dt el valor de la carga i tiene una probabilidad $F(S_i, t)dt$ de sobrepasar el valor S_i .

En un período N mayor a partir de la puesta en servicio de la estructura la probabilidad de no sobrepasar S es $G(S, N)$.

Debido a que la probabilidad de no sobrepasar S en $(0, t)$ por la de no sobrepasar S de t a $t + dt$ es la de no sobrepasar S de 0 a $t + dt$ resulta $G.(1 - F.dt) = G + dG$, o sea (si los periodos son independientes):

$$dG/dt = - F \cdot G$$

En general al derivar (pasar de G a F) se pierde precisión. Se gana al pasar de F a G :

$$G(S, N) = \exp \left(- \int_0^N F(S, t) dt \right)$$

Si F es constante con el tiempo:

(*) No demasiado pequeño sin embargo.

$$G(S,N) = \exp(-N.F(S,N)).$$

Para definir $F(S,t)$ hay que tomar períodos dt relativamente grandes, para que sean independientes las probabilidades en distintos períodos, y para prescindir de influencias estacionales (un año para viento puede ser indicado). En efecto es sabido que las cargas máximas diarias de viento son ~~in~~ dependientes, no las anuales.

$$\text{Sea } F(S) = F(S,1)$$

Si la ley de distribuciones $1 - F(S,1)$ es del tipo exponencial (la condición es que, si $f(S) = -F'(S)$, al tender S a infinito se cumpla $(f(S)/F(S))/(-f'(S)/f(S)) \rightarrow 1$, tipo al cual pertenecen la normal y la exponencial, se demuestra que la ley $G(S,N)$ sigue asintóticamente una ley de valores extremos de tipo 1 ($G = \exp(-N \exp(-L(S - M)))$) de moda $M + \ln(N)$. Esta moda tiende a confundirse con el valor U_N que hace $F(U_N) = 1/N$. Además $N.f(U_N)$ tiende a L deprisa. Las dos convergencias son rápidas $N = 10$ (Gumbell, Statistics of Extremes, ref (26)) nos basta. Esto es válido si los períodos unidad (1 año por ejemplo) son independientes.

A cada S corresponde un período N o período de retorno, esperanza matemática del tiempo que se tarda en alcanzar S . Vale $\exp(L(S - N))$. La moda en N años tiene período de retorno N .

~~generalmente se toma $N = 10$ para $L = 1$, pero en muchos casos~~

La ley de valores extremos indicada tiene la forma indicada en la figura 5.1, con desviación típica $1,28/L$ independiente de N . Su media es $M + 0,577/L + \ln(N)/L$. Se desplaza a la derecha con $\ln(N)/L$, variando todos los cuantiles con este sumando, conservándose se momentos centrales. ($\mu +$)

Sea S_Q = desviación típica/moda. Sea Q la moda en el período considerado $N.(M + \ln(N)/L)$. Sea Car la característica en N años,

$$w) \text{ o sea } e^{-Ne^{-L(S-A)}}$$

(*) $e^{-e^{-y}}$ tiene media 0,577; moda 0; desviación típica 1,28.

con 5% de probabilidades de ser sobrepasada. Es $M + 2,97/L + \ln(N)/L = M + 0,577/L + \ln(N)/L + 1,87 \cdot (1,28)/L = \text{media} + 1,87 \text{ desviaciones típicas}$. La dispersión es la desviación típica dividida por la media = $1,28/(\text{Moda} \cdot L + 0,577)$.

5.1.2.- Descripción de una carga real.

Para definir la función G basta dar en N dos parámetros. (*)

Pueden ser:

- En un año = N, Q y SQ (moda y desviación típica)
- En un año = N, la media y la dispersión (o la desviación típica).
- En la vida de la estructura, la media y la dispersión.
- Para hacer cálculos y dar números tomamos 50 años como vida de estructura, tomando característica Car y dispersión Dis en ese período.

Es la notación que tomamos aquí, llamando Dis a esta dispersión D_{50} en 50 años.

Es poco inconveniente el que en $S = 0$ la función G no se anule. Si el período es suficientemente grande para que la ley de valores extremos tenga sentido, el valor de G es pequeñísimo en $S = 0$.

La relación entre valores centrales, medias, características en diversos períodos es que en el período N más largo que en el N_0 , su diferencia es $\ln(N/N_0)/L$.

La relación entre dispersiones D_N , y $D_{N'}$ es:

$$1/D_N - 1/D_{N'} = (\ln(N) - \ln(N'))/1,28$$

(Ver ábaco 5. 36 y 5. 37)

(*) $G(S, N) = \text{probabilidad de no sobrepasar } S \text{ en } N \text{ unidades de tiempo.}$

A partir de una característica con 5% de probabilidad de ser sobrepasada en el período N, Car, y a partir de la dispersión - Dis en N, despejando del final de 5.1.1.

$$L = 1,28 (1/Dis + 1,87)/Car.$$

$$M = (Car - (\ln(N) + 2,97))/L$$

5.1.3.- Las leyes exponenciales.

Son del tipo exponencial. Recordemos que representa la - probabilidad de tener ~~algunas~~ una vez en un período largo un acontecimiento poco probable en períodos cortos independientes. Por ello - son leyes asintóticas a la derecha a ^{gran} una de valores extremos, y valen para representar leyes de cargas en períodos pequeños, siendo mucho - más pesimistas que las de valores extremos, para períodos largos, como puede verse en la figura 5 ~~4~~

Tomamos $F(S,1) = \exp(-L(S - M))$. La media es $M + 1/L$, la desviación típica $1/L$ si suponemos M positivo. Se confunde a la derecha $(1 - F(S,1))$ con $(\exp(-L(S - M)))$, ley de valores extremos. Representa fig. (5.2) una carga con probabilidad 1 de ~~algunas~~ ^{llegar a} valor M, con ley de valores extremos en período N de $\exp(-N \cdot \exp(-L(S - M))) = G$.

Naturalmente, si $S > M$, $F(S) = 1$. La función de densidad es $L \cdot \exp(-L(S - M))$. La función transformada de Fourier es:

$$L \exp(i \cdot \varphi \cdot M) / (L - i \cdot \varphi), \text{ con } i = \text{raíz de } (-1).$$

Si M es negativo, hay que tomar la misma $F(S,1) = \exp(-L(S - M))$. La función de distribución será nula si $S < 0$, y valdrá $\exp(+L \cdot M)$ si $S = 0$. La función de densidad es nula si $S < 0$, $L \cdot \exp(-L(S - M))$ si S positivo, $\delta(0) (1 - \exp(L \cdot M))$ en 0 con $\delta(\cdot)$ función de Dirac.

La transformada de Fournier es:

$$L \exp (L M) / (L - 1) + 1 - \exp (L M)$$

Vale para cargas de débil probabilidad de ocurrencia en un periodo dado, con probabilidad $(1 - \exp (L M))$ de no ocurrir. (Sismicas por ejemplo). Están representadas en la figura 5.3. En ^{5.4} se vé cómo con el tiempo toma una ley de valores extremos el máximo de una carga de ley exponencial con M negativo al crecer el periodo considerado.

5.1.4) Cómo varía con el tiempo una carga.

Ejemplo de superposición. Las leyes de valores extremos muestran como al crecer el tiempo las cargas aumentan. En la figura 5.4 se ve cómo una carga de característica 100 y dispersión 0,05 - (en 50 años, va bien para carga de uso) o sea (100, 0,05) es una carga (84, 0,06) en un año, y sería una (65, 0,08) en un día si fuese de valores extremos. Podemos mejor representarla en un día por una exponencial con $M = 54$ que da al cabo del año la ley propuesta. Si ~~el periodo es muy pequeño~~ pierden sentido estas consideraciones. (4)

También se ve como una carga sísmica de $L = 0.213$, $M = -34,78$ en un día, correspondiendo a una probabilidad 0,2 de tener terremoto en 1 día corresponde en 50 años a una sísmica de característica 50 y dispersión 0,25. Cornoll ha propuesto leyes exponenciales y de valores extremos para representar cargas sísmicas, pero es obvio que L M ha de ser mucho menor. En principio las cargas excepcionales tendrán dispersiones grandes.

Para ver como se superponen dos cargas definidas en 50 años vamos a tomar un intervalo de tiempo pequeño, no demasiado para que las cargas sean independientes en esos intervalos y para que interva

ho) Por no haber independencia entre periodos consecutivos la carga de viento entre 12h y 13h no tiene por qué ser mayor que la carga entre 12h y 12h 30m en el día dado.

los iguales den leyes iguales, y vamos a estimar unas leyes exponenciales en ese período talos que nos den las leyes de valores extremos en 50 años. Luego sumaremos los máximos de cargas exponenciales y tendremos la ley estadística de la suma en el período pequeño; con ella veremos como es la ley en el período grande, que será de valores extremos, y obtendremos característica y dispersión.

Para ello hay que calcular meda $M + \ln N/L$ y L , y restar $\ln N/L$ a la meda.

Por ejemplo (cambiando la símica e incluyendo una de nieve):

	Característica	Dispersión	Período	M	L
uso	100	0,05	6 h	54	0,28
Sísmica	50	0,30	6 h	-50 -39,98	0,28 0,213 0,2133
Nieve	30	0,10	1 mes	11,5	0,10
Suma	180				

Estimamos la ley exponencial de nieve para 1 mes, lo que es pesimista.

Reduciendo a 6 horas nos queda una característica 123, 82 con dispersión 0,067 (cálculos con computador, programa 5.2.1). Es menor que 180.

Es obvio que estamos en presencia de un modelo matemático para representar la realidad, de uso delicado pues podemos introducir

en él muchos matices de la realidad. En particular hay que suponer - periodos en los que se superponen los máximos con valores constantes.

5.1.5) Sentido de la dispersión en cargas de valores extremos.
Valores usuales.

Las cargas se desplazan a la derecha con un sumando - $\ln(N)/L = \ln(N) \times \text{desviación típica}/1,28$.

Vamos a usar dispersiones en 50 años. Para pasar a dispersiones definidas en tiempos menores ver S.1.2 y abaco 5.36.

Fácilmente sale $L = (1/\text{Dis} + 1,87) \cdot 1,28/\text{Car}$ si Car es la característica correspondiente a la dispersión, Dis en un cierto periodo.

Si Dis es grande aumentan mucho las cargas con el tiempo, y en periodos pequeños hay poca probabilidad de que ocurran esas cargas en esos periodos. La probabilidad no nula de tener carga nula en un periodo es considerable para:

periodo de 1 día para dispersión	12%
periodo de 1 mes " "	20%
periodo de 1 año " "	28%
" " 7 años " "	50%

para dispersiones definidas en 50 años.

Estas dispersiones medidas en 1 año son respectivamente 19%, 50%, para las 2 primeras cifras.

La figura 5.37 muestra como varía la característica con el tiempo, siendo 100 en el periodo de definición de la dispersión.

Los números anteriores indican que las dispersiones a tomar son pequeñas.

Unas estimaciones muy someras dan:

Tipo de cargas	Dispersión en 50 años	Dispersión en 1 año	Característica en 50 años	En un año	En un mes	En un día
	8%	10,5%	100	85	65	45
Puentes Carretera Viviendas	5%	8 %	100	80	75	50
Puentes ferrocarril	3%	3,3%	100	95	90	80
Viento (CIGRE) (velocidades)	3%	12 %	100	82	62	37
Permanentes	0%	0 %	100	100	100	100

Las leyes de valores extremos se prestan muy bien a representar cargas sísmicas, (así como las exponenciales en pequeños periodos) con dispersión de 30 a 50% si bien hay buenas estadísticas de terremotos, como resultados cómodos para tomar valores de cargas solo hay mapas que subdividen en zonas los países y en los cuales se dan terremotos máximos. Es sabido también que se pueden matizar mucho las cargas según la geología local, que los terremotos son raros y duran poco, y que además el paso de la magnitud de un terremoto a cargas es bien complicado.

Por ello, aunque se puedan superponer cargas con nuestro modelo en pequeños periodos (un día, horas), hablando de una carga resultante de característica la suma de la característica sísmica más valores pequeños de las otras cargas (modas en esos pequeños periodos), según se puede calcular a partir de fórmulas en 5.2, y aunque los resultados sean aceptables, es un problema distinto al de las cargas de viento y de uso.

De hecho en las asociaciones para hacer normas son distintas las comisiones que se ocupan de cargas sísmicas y de las otras y de las otras cargas.

5.2.- Resultados

5.2.1.- Programa para computador

Si se quieren hacer las superposiciones de que habla 5.1 para un caso dado, se encuentra uno con cálculos muy complicados. Ello nos obligó a hacer un programa para computador. El período en que se quieren las cargas es N o 50 años.

Está en Algol para Elliot 803 (el aparato del Instituto Eduardo Torroja en 1967-69). Hay que introducir como datos (en formato libre pues es por banda de papel):

- A)- A, C, AZ, enteros lógicos. Usualmente 0,1,1.
- B)- F, número de cargas no permanentes.
- C)- DB número de casos de carga distintos sobre el elemento. Pueden ser simultáneos de probabilidad 1 o excluyentes de probabilidades sumando 1.
- D)- N o 50 años partidos por el menor período que intervenga, que hará de unidad, en el cual superpondremos las cargas.
- E)- Cargas permanentes P E.
- F)- Para cada caso de cargas:
 - F.1)- Un sumando de cargas permanentes en ese caso.
 - F.2)- La probabilidad del caso. Poner un 1 si no hay más que un caso.
 - F.3)- Para cada carga, si A Z es uno:
 - F.3.a)- Su dispersión Dis.

F.3.b)- Su característica CAL.

F.3.c)- El número de veces LON el período elemental a que queremos sea reducida la carga. Si no interviene la carga en el período dar un valor despreciable de la característica.

F.3)- Si A Z es cero, dar en vez de DIS, CAR, LON la moda M y el parámetro L(ver 5.1 para su definición) de la carga.

G)- Dar tres enteros cualesquiera. Tal como está el programa toma sólo un paso 1, por lo que la suma de características debe ser del orden de 200 *para tener precisión y tiempo de ejecución adecuados.*

Con C = 1 el programa imprime la característica y dispersión resultantes.

Con A = 1 imprimiría punto por punto la distribución.

Con las cargas de 5.1.4. los datos introducidos son, período 1 día.

0	1	1			
3	1	1.83×10^4	(50 $\times 365$)		0
0	1	0.05	100	1 (uso)	
		0,30	50	1 (sísmico)	
		0.10	30	30(nieve.Dura 1 mes)	
	10	10	10		

El resultado es:

123.819 0.067

El programa permite tener en cuenta muchos matices, y por tanto sus resultados dependen de la habilidad para escribir con el modelo matemático las superposiciones de cargas. El programa está en

programas, 5.1, con otro ejemplo después correspondiendo a la fig 5.4., curva P

5.2.2.- Abacos.

Es obvio que el programa es poco práctico salvo para el que lo ha hecho. Por ello hemos hecho unos ábacos de uso rápido. La suma dos a dos es pesimista por no ser asociativos los resultados. (*)

Para usar los ábacos se toman el cuantil y la dispersión de cada carga, y el período menor en que se puede considerar constante estas cargas, y en el que se puede tomar como independiente en períodos iguales sucesivos. No hay que tomar períodos demasiado pequeños.

Se suma la 1ª carga y la 2ª, hallando una suma con cuantil y dispersión que se suma a la tercera, y así sucesivamente hasta tener una suma total.

En cada suma se reducen proporcionalmente los cuantiles, el mayor a 100. Se suman con los ábacos en el mayor de los períodos de las cargas en cuestión, y se desreduce el cuantil resultante, obteniendo un cuantil y una dispersión de la suma.

En todos los ábacos hablamos de 50 años, dando períodos de 1 día a 1 año de superposición. Se puede también considerar un período de suma de $\exp(-a) \times N$, entrando con a en los ábacos.

Al ser varios los cuantiles posibles, damos 2 familias de ábacos. En cada uno el cuantil menor es 10, 25, 50, 75, 100 y el mayor 100, las dispersiones son en N años o 50 años. Hay 2 ábacos por cuantil, dando cuantil y dispersión respectivamente.

5.2.2.1.- Familia 1 de ábacos.

Está dada en función de la moda M o A de las cargas en

(*) O con 3 cargas sumadas con programa dan menor capacidad que sumar dos con ábacos y la resultante a la 3ª

N años o 50 años y de S_R = desviación típica/moda. Figuras 5.5 a - 5.14. Se cruzan las curvas de modas a la izquierda. A la derecha pueden cruzarse en períodos pequeños (debido al uso de leyes exponenciales negativas).

5.2.2.2.- Familia 2 de ábacos.

Es la más útil por usar las definiciones más universales de característica carga con el 5% de probabilidad de ser sobre pasada en N o en 50 años, y de dispersión, desviación típica parti da por media en 50 años o en N, o sea dos parámetros de la ley en la vida de la estructura. Figuras 5.25 a 5.34.

Si se quiere tomar dispersión en 1 año, puede tomarse del ábaco 5.36, en las curvas de $A = 50$ o $A = 1/50$. *Recuérdese que es la dispersión "aleatoria" la que debe figurar en ellos.*

5.2.2.3.- Unos ejemplos.

Si una carga tiene una desviación típica mucho mayor que las demás, la desviación típica de la suma es esta.

Sólo debe entrar la dispersión de la ley de valores extremos en los ábacos, no cualquier otra dispersión que no refleje la variación de cargas con el tiempo, por ejemplo la dispersión debida a incertidumbres en el conocimiento de las cargas. Téngase en cuenta que dispersiones grandes están del lado de la inseguridad (+). También períodos demasiado pequeños están del lado de la inseguridad. Las reducciones que aparecen al decrecer los períodos de 1 año a 1 día son muy grandes, y conviene en muchos casos tomar 1 año. Los valores entre 1 año y 50 años de los ábacos son meras interpolaciones. En 50 años o N se ha supuesto que se suman medias y varianzas, pero en realidad ya no es de valores extremos la suma.

(m) Se reduce más la suma de características si las dispersiones son grandes.

En el ábaco 5.36 hay una tabla de conversión de S Q, Dis definidos en un período a los definidos en otro. En abscisas Dispersión = desviación típica/media en N. En ordenadas S Q y Dis en otros períodos (aN). a vale (1/50, 1/25, 1/10, 1/5, 1, 5, 10, 25, 50), habiendo una curva de S Q y otra de Dis por cada a.

5.2.2.3.1.- Sin efectos sísmicos.

En 50 años definimos cargas por característica (5% de probabilidad de ser sobrepasada) y dispersión (desviación típica/moda), así como el período correspondiente en que vamos a reducirla.

Tipo	Característica	Dispersión	Período
n nieve	100	0.10	16 días
v viento	100	0.09	1 semana
u uso	100	0.05	1 día
p período	200	0	cualquiera

Suma = 500

Suponemos que la carga de uso es idéntica e independiente día tras día, la de viento semana tras semana y la de nieve en 16 días. En el computador con los datos:

	0	1	1	3	1	18.200	200
0	1	0.05	100	1	0.09	100	7
		0.10	100	16	10	10	10

se tienen los resultados: 427,49 0.021

Y con los datos

0	1	1	3	2	19.300	200		
0		0.75(umano)	0.05	100	1	0.09	100	7

5.2.2.3.2.- Con efectos sísmicos

Suponemos:

	característica	dispersión
Carga sísmica	8	0.50
Uso	30	0.05
Viento	30	0.09

y un período de 12 horas. El viento se mantiene 7 días, la carga de uso 1 día . Con los datos:

0	1	1	3	36.400	0
0	1	0.05		30	2
		0.09		30	14
		0.50		80	1
		10		10	10

tenemos el resultado: 109.551 0.277

observemos que la desviación típica 21 , es la de la sísmica, y que la característica es la de la sísmica más las modas (15.93 y 15.31) de las otras dos cargas en uno y siete días, como se puede demostrar matemáticamente.

Una carga muy fuerte sísmica se superpone a valores "corrientes" de otras cargas.

5.2.3.- Cargas negativas

Las cargas en un elemento pueden tener ambos signos, y a menudo con valores distintos. Se puede considerar el elemento como

dos, uno con cada signo.

La mayor parte de las cargas podrán o ser nulas o tener un valor positivo, salvo las permanentes que podrán tener un valor negativo.

La dispersión de la carga permanente depende del tamaño del elemento considerado. Si es grande será menor por compensarse errores.

Requiere examen aparte al tomar coeficientes de seguridad, pues no es evidente el que hay que tomar coeficiente uno para ellas, si son estabilizantes.

En cargas permanentes nos van a interesar dos casos con cargas negativas:

- la carga permanente es menor y actúa sobre un elemento de resistencia dada,
- la carga permanente es mayor y actúa sobre un elemento de resistencia 0 (caso del vuelco).

Veremos algo en el capítulo 11.

5.2.4.- Justificación matemática

5.2.4.1.- Programa para sumar casos de carga definidos en un período largo N.

Se superponen los máximos de cada carga en un período corto 1. (P.5.1.).

Suponemos que hay F cargas distintas, y que, por incompatibilidades, por fragmentación en estaciones etc., se superponen en (DB) casos de carga distintos e independientes, cada uno con una probabilidad Prob (j). Esto aumenta la flexibilidad del método. Por ejemplo, se puede distinguir en un año invierno con nieve y el resto sin nieve, con Prob valiendo 1/4 y 3/4,...

Es necesario estimar los parámetros L y M de las leyes exponenciales (definidas en 5.1.3.), que en período más largo dan una ley de valores extremos. Se demuestra (ref.26) que una ley exponencial de parámetros L y M da con el tiempo una ley de valores extremos de función de distribución $\exp(-N \exp(-L(S-M)))$. Despejando L y M en las expresiones al final de 5.1.2) para el caso de carga j y la carga k, resulta, reduciendo al período L_{on} :

$$BA = L_{kj} = 1,28 (1/Dis + 1,87) / Car.$$

$$AB = M_{kj} = (Car - (\ln(N/L_{on}) + 2,37) / L_{kj})$$

que valen según la definición de característica que tiene 5% de probabilidad de ser sobrepasada, y dispersión = desviación típica/moda.

Con las L y M leídas o calculadas tenemos definidas exponenciales en un período L_{on} , cuyas funciones de distribución son como en 5.1.3), es decir truncadas en 0 (valen 0 para S negativo).

A continuación hemos de sumar en cada período elemental y caso de carga las leyes exponenciales. Como se suponen independientes, la transformada de Fourier de la suma es el producto de las transformadas de Fourier, que son (5.1.3):

- para $M \geq 0$, $L \exp(i \varphi M)/(L - i \varphi)$
- para $M < 0$, $L \exp(LM)/(L - i \varphi) + 1 - \exp(LM)$

Las cargas permanentes tiene por valor M .

Su transformada de Fourier es $\exp(i \varphi M)$. En este capítulo i es la unidad imaginaria (raíz de -1).

El producto es para un caso de carga:

$$5.2.4.1.1.- \prod_{\substack{\text{Cargas} \\ \text{permanentes}}} \exp(i \varphi M_{kj}) \cdot \prod_{\substack{\text{Cargas} \\ M \geq 0}} L_{kj} \cdot \exp(i \varphi M_{kj}) / (L_{kj} - i \varphi) \\ \times \prod_{\substack{\text{Cargas} \\ M < 0}} \left[\exp(L_{kj} \cdot M_{kj}) (L_{kj} - i \varphi) + (1 - \exp(L_{kj} \cdot M_{kj})) \right]$$

Es una suma de términos de la forma ($F' \leq F$):

$$5.2.4.1.2.- K \prod_{k=1}^{F'} \left[L_{kj} \cdot \exp(i \varphi \sum_{\substack{\text{positivas} \\ \text{en } F'}} (M_{kj})) / (L_{kj} - i \varphi) \right]$$

o bien:

$$5.2.4.1.3.- K \cdot \exp(i \varphi \sum_k M_{kj}) \quad \text{Los primeros son idénticos a:}$$

$$\left[\sum_{k=1}^{K \sum_{F'} h=F'} \prod_{\substack{h=1 \\ h \neq 1}}^{h=F'} \left[(L_{hj} / (L_{hj} - L_{kj})) \times L_{kj} / (L_{kj} - i \varphi) \cdot \exp \right. \right. \\ \left. \left. (i \varphi \sum_{\substack{\text{positivas en } F'}} M_{kj}) \right] \right]$$

como puede comprobarse algebraicamente (las dos expresiones tienen los mismos F' polos L_{kj} con los mismos residuos).

Este término es transformado de una distribución de la forma:

$$(M_{uj} = \sum_{\substack{k \\ \text{positivos}}} M_{kj})$$

$$5.2.4.1.4.- K' \cdot \exp(-L_{kj} (S - M_{uj})) = \text{Coef.} \exp(-L_{kj} (S))$$

que vale 0 para $S \leq M_{uj}$.

El 5.2.4.1.3) es transformado de $(\text{Coef.} a_j = K \cdot \text{Prob}_j)$:

$$5.2.4.1.5.- \text{Coef}_2 \cdot H(M_{uj}).$$

Donde H es la función de Heaviside.

El computador calcula los Coef. de todos los términos de las formas 5.2.4.1.4. y 5.2.4.1.5 en que se puede descomponer - 5.2.4.1.1., así como M_{uj} a partir de los cuales vale la expresión 5.2.4.1.4.

A partir de los Coef., calcula y almacena el computador en su memoria las matrices que intervienen en las sumas:

$$(\text{Coef.} \frac{1}{L_{kj}} = \sum \text{prob}(j) \cdot \text{Coef})$$

$$\text{Suma} = \sum_{k=1}^F \sum_{j=1}^{DB} \left[(\text{Coef.} \frac{1}{L_{kj}}) \exp(-L_{kj} (S)) + (H(M_{uj}) \cdot \text{Coef.} a_j) \right]$$

que representan la probabilidad, muy aproximadamente para S grande, de sobrepasar S en un período. Para N períodos la probabilidad de no sobrepasar S es:

$$G = \exp(-N \cdot \text{Suma})$$

En cuanto que N sea grande (20 basta), intervienen sólo los sumandos con S grandes, pues los otros dan G totalmente despreciables por el uso de exponenciales.

Según datos el programa imprime la distribución, o da momentos, o el valor que convenga. Tal como está (P-5.1) da dispersión y media más 1.87 desviaciones típicas. P.5.3 y P.5.4.

5.2.4.2.- Abacos

Un programa (ábacos) discrimina cada uno de los 750 puntos que definieron el trazado de una familia de ábacos. Otro calcula los 250 de la izquierda, suponiendo que la media es suma de medias y la varianza suma de varianzas (pero esto es pesimista, pues la función resultante ya no es de valores extremos).

En cada punto estimamos si se pueden usar fórmulas aproximadas de superposición, según las propiedades (5.1.1) de la ley de valores extremos, y damos resultados, o bien damos por otra impresora datos para el programa anterior. El que los puntos estén calculados por 3 programas es una garantía de que no hay errores grandes, y de que la precisión es aceptable, pues salvo excepciones contadas y pequeñas quedaron bien en los gráficos.

El método aproximado consiste en estudiar los términos de la forma (5.2.4.1.2.) que nos aparecen.

Se calculan las dos M, M y MD y las dos L y LD que intervienen.

Si las dos M son negativas se usa el programa P S-10 (P.5.1)

Si son positivas aparece una expresión:

$$Y = LD/(LD-L) \cdot \exp(-L(S-MD-M)) - L/(LD-L) \cdot \exp(-LD \cdot (S-MD-M)).$$

Si una es negativa $M < 0$ y $MD > 0$ consideramos la suma:

$$Y = (1 - \exp(ML)) \cdot \exp(-LD \cdot (S - MD)) + \exp(ML) \cdot \left[\frac{LD}{LD-L} \cdot \exp(-L(S-MD)) - \frac{L}{LD-L} \cdot \exp(-LD(S - MD)) \right].$$

es usado para calcular $\exp(-N \cdot Y) = G$.

Mientras los términos de Y son grandes G es despreciable. Cuando al crecer S el menor sumando de Y vale $10/N$ consideraremos el otro. Si vale menos de $(1/10)N$ es despreciable frente al otro, y nos queda un término solo que influye en los valores de G . Por la forma de este término $\exp(-L(S - \text{Moda} - L_n(N/L)))$ sacamos la moda - $(\text{Moda} + L_n(N/L))$ en N años, la desviación típica y de ahí la característica y dispersión.

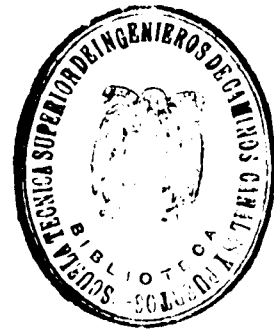
Caso de no ser un término preponderante, imprimimos con el programa ábacos los datos para PS-10 y usamos este programa PS-10.

Al ser ley de tipo exponencial la suma de leyes exponenciales, al crecer N se convierte en ley de valores extremos. Se demuestra que la aproximación es muy buena en los casos en que hay un término preponderante o en el caso opuesto en que las dos cargas tienen desviaciones típicas muy parecidas.

Al hacer las familias de ábacos se introducen los cambios de entrada y salida oportunos para que sean en función de dispersión = desviación típica partida por moda en ambos, de la moda en la primera, de la moda más 1.87 desviaciones en el 2º (5% de probabilidad de ser sobrepasado).

Damos en (P.5.3.) y (P.5.4.) los programas que sirven para calcular la 2ª colección de ábacos. Para la otra hay unas pequeñas diferencias de entrada y salida.

Usados con prudencia (tiempo de superposición grande) - creemos que tienen sentido para cargas de naturaleza muy distinta.



5.3.- Incertidumbres en cargas

5.3.1.- En un caso de carga aislada

Volviendo a la distinción de 3.2.3) entre causas de errores de origen aleatorio e incierto hay que tener en cuenta que (según notación de 4.5.1)

- El valor real máximo de una carga, S_1 , en un período dado sigue una ley de valores extremos. La dispersión es nula para cargas permanentes.
- Esta S_1 se estima por una S_1' aleatoria. Hemos tomado para S_1' leyes de valores extremos de tipo I, aunque se pueden tomar de otros tipos (más desfavorables para cargas aisladas) (Ref. 26 y 38).
- En 4.5.1) se introducen funciones de errores varios. En particular XS' y XS_1 , con $S_1 = XS_1 \cdot S_1'$.

Si la distribución de S_1' es adecuada, o sea representa bien los valores reales de las cargas (por ejemplo representa las presiones reales del viento que tienen valores aleatorios), entonces XS_1 representa los errores en el conocimiento de la media de S_1' , - mientras que la dispersión de S_1' como ley de valores extremos, que indica el aumento con el tiempo de la media de la carga, es supuesta conocida, exactamente.

Por tanto un modelo adecuado es $(XS_1 \cdot S_1' = S_1)$ en el que S_1' es variable "aleatoria" y XS_1 una variable "incierto" según 3.2.3 (de "variación real" y de "variación personal" dicen otros autores). Los cuantiles de la variable aleatoria S_1' crecen con el tiempo y son independientes en períodos independientes, al revés de lo que ocurre con XS_1 , que representa la incertidumbre en la estimación de las

cargas. Si estimamos SX_1' para los errores restantes hemos de usar XS en vez de XS' .

Se podrían hacer modelos más matizados.

Se observa que si XS_1 es constante e igual a uno, la característica para ley de valores extremos de tipo I es $(1 + 1,87 \times \text{Dis})$ (cargas de viento muy bien medidas). Y si S_1' es constante - por indicar XS_1 errores de hipótesis, les corresponde una ley normal de media MXS_1 y dispersión SXS_1 , con la definición de característica al 5%, o logaritmo-normal de logaritmo $N(\ln(XS_1), SXS_1)$.

En la estimación a priori de cargas que entra en la definición de característica habría que meter los dos tipos de incertidumbres, aleatorias e inciertas, o sea considerar la distribución de (XS_1, S_1') que no es, ni normal, ni de valores extremos y tomar el valor con 5% de probabilidad de ser sobrepasado. La consideración de errores en la dispersión de S_1' tiene también interés, (ref.26).

Sin embargo no se hace así al estimar cargas, y en nuestra primera aproximación vamos a considerar que, o predominan los errores aleatorios y entonces meteremos en EH los diversos tipos de errores inciertos, o predominan los inciertos a considerar como SX_1 (cargas permanentes), para cargas aisladas. En ambos casos se usan las definiciones de características anteriores.

5.3.2.- En superposición

El método de superposición indicado en 5.1) vale para variables S_1 de valores extremos de tipo I. Si son variables de otros tipos II ó III (ref.26...) crecen más deprisa con el tiempo. Por ello las reducciones que experimenta la característica de la suma sería mayor que para variables de tipo I al no coincidir los máximos de las cargas. Ello hace que nos parezcan aplicables con seguridad las conclusiones y abacos de ^(este capítulo) para reducción en la suma.

(+) Característica = media $(1 + 1,64.5 \times S_1)$ aproximadamente.

de cargas, incluso a las variables estimadas S_i' , siempre que se usen valores de las dispersiones de la ley de valores extremos, y no la del producto de dos variables aleatorias $SX_i \cdot S_i'$, lo que sería del lado de la inseguridad.

Por ello usaremos los ábacos ~~en~~ ^{de este capítulo} en el capítulo 11) que nos darán una aproximación suficiente para reducir en superposiciones de cargas de tipos distintos y estimaremos los errores de estimación en unos errores de hipótesis XS' o EH, 4.5.1).

5.3.3.- Estimaciones sobre las dispersiones SX_i de los XS_i que indican errores de conocimiento de las cargas

Son mayores que las dispersiones aleatorias, y de peor estimación. Las medidas que siguen son sólo indicaciones, *a falta de mejores medidas.*

Para cargas permanentes SX_i es del orden del 5%, pudiendo ser mayor en ciertos casos. Una propuesta ISO hace variar de 0 para vigas, 0.08 para fábricas, 0.15 para materiales de peso específico mal conocido.

Las cargas sísmicas tienen gran error (de ambos tipos).

En las cargas de viento hay unos errores importantes, sobre todo en la presión originada, que depende de las otras causas ~~10% bien.~~

Las cargas de uso tienen dispersiones grandes (0.10 a 0.15). Las cargas muy locales (punzonamiento) tienen errores mayores que las repartidas sobre un forjado.

Las cargas en puentes de carretera están estimadas con error notable, que supondremos 10%. Menos en ferrocarril (5%).

Las cargas industriales se admite tienen dispersión va-

riables según usos y a menudo grande (0.10), pero el usuario industrial debe respetar las cargas nominales, por lo que las dispersiones serán menores en general (5%).

Las cargas del terreno son de naturaleza especial. Aunque algunas (dilatación) pudieran ser tomadas aleatorias, por depender de lluvias, podemos considerarlas como constantes mal conocidas. Por tanto X_{S_1} tendrán unas dispersiones SX_{S_1} del 10 al 20% en rotura. Parece útil a efectos de normalización (capítulo 4) al acomodarse a la definición usual de carga característica al 5% de 3.2.1) para asientos y empujes activos, y tomar criterios probabilistas para definir los coeficientes que influyen en las resistencias pasivas.

Los errores de hipótesis son a veces del lado de la seguridad: los asientos reales se dividen a veces por dos antes de introducirlos en el cálculo de estructuras de edificios para conformar los efectos a la experiencia.

Se han propuesto varios modos de medir las cargas de uso, especialmente en viviendas. cf ref. (8).

En general se miden en un espacio de tiempo necesariamente corto muchas cosas diversas, midiendo pues la distribución de SX_i , incluyendo SX_i diferencias entre distintas cosas. Por tanto la dispersión de las medidas puede ser superior a la de la ley de valores extremos que indica como crecen las cargas con la vida de la estructura, que estimamos en un 5% para que duplique en unos 50 años. En efecto, si la distribución de la carga en un momento dado, medida en muchos sitios análogos, da idea de la distribución en días sucesivos, no conduce fácilmente al valor característico con 5% de probabilidad de ser sobrepasado en un único sitio, durante la vida de la estructura. Mitchell (Inglaterra) presentó estudios sobre este punto en el congreso de Londres.

5.4.- Cargas de viento

Ayudados por un estudiante holandés en prácticas en el Instituto (Albert Simonis), hicimos estadística ^{de} las velocidades y de sus cuadrados (proporcionales a las presiones) en el Observatorio de Madrid, desde 1.951 a 1.967 inclusive.

Los resultados de velocidades máximas anuales son:

Media = 25,45 m/s.

Desviación típica = 2,82 m/s.

Dispersión(anual) = 0.11 (muy de acuerdo con medidas admitidas).

Para cuadrados máximos ^{de velocidades} anuales, la media es 655,52, la desviación 149,32, la dispersión (anual) es 0.22. (en m²/s²).

Las 6 cifras correspondientes de máxima racha mensual son en orden 19,60; 3,75; 0.18 para velocidades y 396,84; 148,66 y 0,37 para cuadrado (media, desviación típica, dispersión).

Parece ir bien la ley de valores extremos de tipo I para presiones ^(también para) y velocidades, con dispersión de 0.22 anual y 0.12% en - 50 años. En particular a primera vista indica bien el crecimiento de la media con el tiempo.

En este observatorio se ve que la influencia estacional es pequeña para rachas máximas.

El valor característico en 50 años al 5% es, calculado con presiones, $\sqrt{655,52 + 149,32 \cdot (1,87 + 3,04)} = 37,1$ m/s o con velocidades $(25,45 + 2,82 \cdot (1,87 + 3,04)) = 39,35$ m/s. Son altos, y muy sensibles a la definición estadística de característica, en particular en cuanto a período de definición.

Es interesante compararlos con la norma española MV-101.

(*) A partir de los Boletines de Servicio Meteorológico.

Para un edificio entre 11 y 30 m da 34 a 40 m/s según sea expuesto al lugar o no. El Observatorio de Madrid (Retiro) está en un alto, en una zona de arbolado en medio de una zona urbana. Hay un acuerdo correcto con la definición estadística en este caso.

La experiencia indica que las cargas de viento a tomar (característica con periodo medio de retorno de 1000 años) son a veces excesivamente seguras, tal vez por no tener en cuenta la dirección del viento (salvo en Obras Marítimas).

6.- Resistencia y otros factores. Ley log-normal

6.1.- Propiedades de la ley log-normal

Figura 4-5.

Por definición su logaritmo es normal $N(\ln(M), S)$. Ver

Su función de densidad (variable aleatoria R) es:

$$\exp(-\ln^2(R/M)/(2S^2))/(R.S.\sqrt{2\pi})$$

La media es $M.\exp(S^2/2) = M.(1 + S^2/2 + \dots)$

La desviación típica $M.\sqrt{\exp(2S^2) - \exp(S^2)} =$
 $= M . S\sqrt{1 + S^2 + \dots}$

Su dispersión es el cociente, aproximadamente:
 $S.(1 + 0 . S^2 + \dots)$.

Los momentos centrales de orden 3 y 4 son aproximadamente: $3 . S^4 . M^3 + \dots$ y $M^4 . (3 . S^4 + 25 S^6 + \dots)$ o sea que los coeficientes de asimetría y apuntamiento son iguales, salvo error de orden pequeño en S , a los de la ley normal.

^(ver ello)
Es difícil deducir experimentalmente por ello si una población de débil dispersión tiene ley normal o log-normal, salvo con muestras muy grandes.

Como todo lo que decimos es aproximado y las dispersiones pequeñas, confundimos S con la dispersión y usamos el valor central M . *(media del logaritmo)*.

Como una variable aleatoria suma de otras tiende bajo condiciones que en general se cumplen a una variable normal, un producto tiende a una log-normal.

El producto de variables Y_i de logaritmos normales $N(\ln(MY_i), S Y_i)$, es log-normal de logaritmo $N(\ln(\prod_i MY_i), \sqrt{\sum_i S Y_i^2})$.

El 5% corresponde a $1 - 1,64 \cdot S + (1,64)^2 S^2 / 2 + \dots$ aunque despreciamos a veces el término en S^2 .

Por ello con leyes log-normales para los productos $R_1 \cdot XR_1$, $XH / (XR_1 \cdot R_1)$, etc, de 4.5.1, reducimos drásticamente la longitud de los cálculos tomando leyes log-normales para R_1 , XR_1 , XH , Las usa Cornell (ref (29)).... Dan resultados parecidos a las leyes normales (hemos comparado probabilidades de ruina halladas por nosotros, como las del capítulo 10, y con las de Mamuzio (ref.(9)), salvo para probabilidades de ruina pequeñas. En ese último caso, si la probabilidad de tener resistencia negativa es \propto con la ley normal empleada, nunca podremos encontrar una probabilidad de ruina inferior a \propto por grande que sea el coeficiente de seguridad. Como la ley log-normal tiene un mejor comportamiento asintótico en el origen no nos trae estos inconvenientes, muy relevantes para dispersiones mayores del 10% y probabilidades menores de 10^{-5} . Debido a lo que precede, usamos leyes log-normales para las variables que nos indican errores de fabricación o de estimación. Para ciertas cargas introduce variaciones muy significativas en los resultados usar leyes de valores extremos, más reales (cf. ref. 38). Ver figura 5.1. La forma de la curva varía con S. Puede proceder el usar leyes normales truncadas a la izquierda para resistencias, a la derecha para cargas (normales estas o de valores extremos).

6.2.- Leyes de resistencias de los materiales

La opinión general es que, si el material es bueno, con control de calidad, su resistencia sigue una ley log-normal; y que si es de poca calidad, sigue una ley minimal de valores extremos. (A)

La última ley aumenta mucho las probabilidades de ruina e introduce errores de cálculo si no se trunca en 0. Creemos -

(14) Ley del mínimo de varias variables aleatorias.

no debe ser aplicada salvo para conjuntos frágiles en el sentido de 2.1.2. (cadenas, cables largos,)

Al pasar de valores estadísticos (4.5.1.) a características (4.5.2.), se presenta una distinción entre elementos hechos en fábrica y sometidos a control de calidad y elementos hechos in situ.

En los primeros (perfiles metálicos, prefabricados) debe haber un control de calidad que nos garantiza un valor característico R_{kA} , en general especificado en un pliego de oferta. Para el acero suele hablarse de límites de fluencia, con reserva a rotura, y para hormigón la rotura. La dispersión del acero en perfiles suele ser de 5 a 10%, en general de 7%. En general la resistencia característica real de una partida de acero es mayor que la garantizada, sin que esta diferencia sea aprovechable.

En hormigón se pide una resistencia característica y se espera que el constructor la cumpla. Se sabe que esa resistencia depende de la dosificación (y muy principalmente de la relación agua-cemento). La dispersión se supone de (ref 36):

- 7 - 8 % en laboratorio.
- 10 - 15 % en obra cuidada.
- 15 - 25 % en obra menos cuidada.
- 25% en obra mal cuidada.

El control, aunque se haga en probetas, es mucho peor que el del acero, y a posteriori, salvo en prefabricados. Para un Proyectista distinto del ejecutor, puede haber una probabilidad mayor del 5% de que la resistencia sea menor de la característica, a la hora de hacer el proyecto. En la revista Informes de la Cong

trucción, hay un artículo sobre control (para E.H.68, referencia (45)). Rüşh presentó una comunicación sobre control de calidad para tener resistencia característica en obra dada; representa el paso siguiente a las normas usadas (E.H.68).

6.3.- Errores en hipótesis varias

Como hemos dicho en 4.5 y 5.3, incluimos en X_{Si} , X_{Ri} , $X_{S'}$, X_S , $X_{R'}$, X_H errores varios de hipótesis. Sus logaritmos serán normales, $N(\ln(MX_{Si}), SK_{Si})$; $N(\ln(MX_{Ri}), SK_{Ri})$, etc.... anteponiendo M y S .

Es de observar (trabajos de Mamuzio y Carpena) que muchas veces MX_S será menor que 1 y SK_S grande. Cuando el Proyectista sabe que SK_H es grande, corrige haciendo MX_H pequeño, o sea aumentando el coeficiente de seguridad. Para acero, en la figura 11.1 puede observarse que si SK_H pasa de 0.1 a 0.2 en construcción metálica, el coeficiente de seguridad debe multiplicarse en primera aproximación por 1.2 ó 1.3.

Desde luego las resistencias dependen de la forma o tamaño de las probetas, o de los elementos. En hormigón armado el acero resiste a tracción simple, el hormigón y el acero a compresión simple, pero ambos con bastante independencia a flexión simple si no hay armaduras de compresión. Podemos considerar la hipótesis no demasiado pesimista de que deben resistir ambos materiales por separado, o sea que la ruina de uno de ellos trae la del conjunto.

En ese caso el coeficiente total ($\gamma_s \cdot \gamma_m \cdot \gamma_o$) debe de ser mayor para redondos que para perfiles de acero por ser variable la excentricidad.

La soldadura debería tener mayor coeficiente que el acero de perfiles por ser de ejecución en obra. Ello se hace imponiendo un metal de soldadura más resistente que los perfiles. Recordemos que el 20% de más de las normas nos equivale (Fig 11,1) a duplicar la dispersión.

Salvo observación en contra, ponemos valores centrales 1 en errores de hipótesis. En general ello equivale a ser pesimista, pues suelen ser sesgados del lado de la seguridad, y puede ser compensado disminuyendo la dispersión de módò equivalente (cf. Carpena, Mamuzio). Naturalmente se pondría su verdadero valor si se conociesen bien media y dispersión.

6.4.- Resistencias variando con el tiempo .

Las resistencias pueden en ciertos materiales (madera, plástico) ser menores para cargas duraderas que instantáneas.

Por ejemplo el módulo de elasticidad del hormigón es diferente para cargas instantáneas y duraderas. Conviene en una comprobación dada tomar la resistencia que corresponda a la carga. No nos ocupamos de estos fenómenos.

6.5.- Algunos datos sobre resistencias y errores -

Hemos consultado un cierto número de revistas y publicaciones para poder recopilar datos sobre errores en hipótesis - (duplicando en pequeña parte trabajos de Carpena, para el C.E.C.M. en cuanto a datos de A.S.C.E.).

En general hemos obtenido unas series de (valor real/ /valor calculado). Un programa (P - 6 - 1) elemental nos permitió hallar los log. de la media, la dispersión, desviación típica, γ_3 de asimetría y (γ_4 ~~no~~) de apuntamiento de cada serie, así como

el primer individuo y el número de ellos para identificarlos (resultados en P - 6 - 3), estando las series indicadas en P - 6 - 2 con el número de series (29) y el de elementos delante. Identificamos esas series por el número de elementos a y el primer elemento b (a - b).

6.5.1.- Uniones en perfiles de acero

La dispersión es del orden del 10%, y la media de las resistencias reales del orden de la garantizada o algo superior a la calculada en rotura, mucho mayor que la calculada con el límite elástico característico en general.

En los Proceedings del A.S.C.E., para estructuras, - Abril 66, y para tornillos de alta resistencia encontramos un cociente de (esfuerzos reales/esfuerzos supuestos) de 1,03 con dispersión 0,14 a tensión directa, de 1,156 y dispersión 0,10 a torsión. En Febrero del 63 con dos medidas y cálculo, calculadas con datos (87 - 0,80, 109 - 0,750) salen cociente de 0,988 y dispersión de 0,082 primero y cociente de 1,0378 y dispersión de 0,120 después. En otro ensayo (Octubre 65), con los datos correspondientes (17 - 1,06) sale 1,064 y 0,05 y con los datos correspondientes a (21 - 8,45) sale media (no relativa) y dispersión de 0,093.

Para uniones remachadas, hemos tomado datos del Dr. Battingenieur, Septiembre 65 (54 - 3,56), con el resultado de media 3,8 T y dispersión 0,11, para un acero St. 3,4.

• Para conexiones remachadas o soldadas de vigas horizontales con vigas verticales usamos los datos de Proc.A.S.C.E., St. D. Abril 66 con diversos resultados (resistencia real a cortante dividida por resistencia de diseño, que es de media 2,56 y dispersión

0,261 para uniones remachadas y de 2,87 y dispersión 0,172 para uniones soldadas, cifras ambas muy grandes y del lado de la seguridad. Las teorías de cálculo no deben ser muy buenas. Es carga de rotura/carga de diseño.

6.5.2.- Láminas

La carga de rotura real/carga de cálculo suele depender mucho del modo de cálculo y del tipo de lámina. En Proc. - A.S.C.E., St. D., ^{Apéndice (6.1)} la media es 1,25 y la dispersión 0,15 con un método muy afinado no lineal de diferencias finitas. Los métodos usuales deben tener los dos valores mayores.

6.5.3.- Pandeos diversos en estructuras metálicas

Para pandeo de alma la dispersión usual es alta (0,147) y el cociente también (1,36) con métodos usuales según datos - (12 - 0,94) de Proc. A.S.C.E. St. D. Dic. 65. Con métodos no elásticos propuestos en el artículo se convierten en 0,95 y 0,162 los dos valores. Según datos (10 - 0,645).

Para columnas o tubos, el valor real/valor calculado se acerca a 1 en probabilidad. Sin contar con los datos de la Comisión 8 del C.E.C.M. bajo la dirección de Sfintesco, que organiza o considera ensayos de pandeo en Europa, Estados Unidos y Japón, hemos encontrado en: Proc. A.S.C.E., St. D., Dic. 65.

- Columnas con empotramientos elásticos. Cociente - 1,036, dispersión 0,034. Datos (3 - 1,049).
- Proc. A.S.C.E., St. D. Dic. 64, pandeo en tubos de aluminio. Cociente 1,02, dispersión 0,120 más fuerte. Datos (74 - 0,9).
- Diversas vigas metálicas, Proc A.S.C.E. St. D. -

Ap - 64. Cociente 0,978, dispersión 0,092. (datos - (19-1)).









- Proc. A.S.C.E., Abril 61, pandeo de columnas excéntricamente cargadas metálicas. Datos (24 - 0,91) si típicas soldadas, cociente 1,010, dispersión 0,79, que se convierten en (39 - 1,070), 1,021, 0,064 para vigas de anchos bordes (1,21 - 43), 1,35, 0,17 para I en dirección débil.

- Proc. A.S.C.E., St. D. Abril 61, resistencia real/calculada para perfiles en \mathcal{L} con datos (23 - 1,07) el cociente es 1,024 y la dispersión 0,036. Con datos (28 - 1,03) para perfiles en I el cociente es - 1,096 y la dispersión 0,090.

- Según der Stahlbau, Junio 63, pandeo de cilindros, la media sale 0,9 y la dispersión 0,20.

6.5.4.- Varios

En Der Stahlbau de Enero de 1.966, se estudia la resistencia a compresión de vigas con soldaduras. Si son en cajón:

<u>Tipo</u>	<u>Datos</u>	<u>Media</u>	<u>Dispersión</u>
	(14 - 3,52)	Real en T/cm ² 3,55	0,055
	(3 - 3,270)	3,54	0,076
	(2 - 3,440)	3,58	0,059
	(3 - 3,419)	3,65	0,112
	(3 - 2,76)	2,8	0,192
	(7 - 2,88)	2,7	0,237
	(2 - 4,40)	3,84	0,206
	(5 - 3,82)	4,1	0,058

Sólo dos perfiles muy abiertos están del lado de la in

seguridad por su media y dispersión.

En los cuadernos de Investigación del Instituto Torroja, nº 4, Martínez Calzón calculó y ensayó un puente pretensado mixto. La ley de momentos calculados/reales viene a ser de media 1, dispersión 0,20.

En publicaciones de Fernández Casado (Informes nº 194) para un puente pretensado se ve que los errores no aumentan en valor absoluto al incluir el peso propio. Con peso propio, momento reales/calculados es de media 1, dispersión 0,05. Con cálculos afinados y S la dispersión viene a ser del 0,10. Con cálculo no afinado la media es 0 y la dispersión 0,25 (hipótesis de losa en vez de emparillado en caso complicado). Los tantos por ciento son obtenidos por comparación de métodos por lo que se tienen en cuenta los errores - del método de cálculo. Puede ser poco precisa la media por ello.

En los años pasados se desarrolló en el Instituto Torroja una abundante experimentación sobre flexión esviada en hormigón dirigida por Martínez Calzón, ^{completándose hoy} ~~que quedaba pendiente~~. Para el C.E.B. se está desarrollando un estudio teórico ya presentado (Torroja, Morán, Verde). Los ensayos del Instituto Torroja, de - Ramamurti, Toriani, Andersen, Bresler, Meck dan como resultado (en media y dispersión de valor real/valor calculado) según Verde: Método de cálculo del C.E.B. (equilibrio con computador, diagrama parábola rectángulo) 1,03; 0,065.

Un método ruso da 1,13 - 0,125.

Un método de Ramamurti da 1,09; 0,101.

Un método de A.AAS-JACOBSEN da 1,01; 0,095.

En series más reducidas y distintas da: Procedimiento de Morán 0,991; 0,069. *desarrollado en el Instituto Torroja.*

Procedimiento E.H. 68 1,46, 0,125 según valores de pará

metros de Montoya; 1,13, 0,112 según valores de Morán (C.E.B.-68).

Según el método de C.E.B., 1,52; 0,11.

Der Stahlbau para reserva de plasticidad dñ (carga rotura/límite elástico) 1,335 de media y 0,20 de dispersión.

Asce, Abril 1.960 dñ distribuciones de vientos extremos en los U.S.A. por Thom (U.S. Weather Bureau) Proc. A.S.C.E., - Abril 1.960. Usa ley de valores extremos de tipo II. Hizo mapa para Estados Unidos.

The Institution of Civil Engineers, Ag. 67, compara soluciones analógicas y digitales. Si se toman precauciones para evitar los cambios de signo (prolongar barras más allá de donde el cálculo las hace necesarias) hay variaciones centradas de dispersión 0,10 - entre los dos métodos.

Del Bulletin Technique de la Suisse Romande (30-7-66), Pousseé des terres et des roches, se deduce que si el suelo se conoce los resultados de Geotecnia dan errores menores del 10%.

El Highway Research Record, 269, habla de un simposio sobre Factores de Seguridad en Ingeniería de Suelos, con mucha filosofía, pero sin resultados numéricos.

6.5.5.- Estudios anteriores

Páez, bajo la dirección de Torroja, llegó a un sistema completo de resultados numéricos. En particular utilizó una serie de medidas publicadas anteriormente ~~proprios y ajenos~~ sintetizándolas. Damos sus resultados (ref. (3) en 1.953) como media y dispersión de cocientes (real/supuesto), aproximadamente.

- Errores numéricos 1; 0,0514.

- Dispersión del hormigón 1,45; 0,16 para cierto hormi-

gón cuidado (ver en 6,2) (real/característico).

- Dispersión aceros (1,086; 0,78).

- Errores de hipótesis y numéricos:

[4) Estructuras rectilíneas 1,06; 0,106 para cálculo riguroso. 1,06; 0,192 para cálculo normal.

2) Estructuras no rectilíneas 1,08; 0,138 con cálculos rigurosos y 1,0953; 0,189. Proviene el cálculo de estos coeficientes de la medida de deformaciones (calculada/supuesta).]

- Supone 0; 0,06 de errores de ejecución en hormigón.

- Deformaciones reales/de cálculo 0,933; 0,247, obras muy vigiladas.

- Deformaciones medidas o deducidas por cálculo aproximado 0,961; 0,374.

Sobrecarga real/prevista (en la vida de la estructura, ~~rayley normal~~)

- Puentes y estructuras (1; 0,0717).

- Edificios para viviendas (1; 0,124).

- Edificios públicos (1; 0,185).

Las dos últimas son las dispersiones de las normas de varios países.

Esquillan, C.E.B. nº 55, S entre 0,10 y 0,20.

El C.E.B. cuaderno, 15, da valores reales/calculados *medias y dispersiones*:

- 1,163 y 0,098 para estructuras isostáticas.

- 1,64 y 0,677 hiperestáticas, cálculos elásticos.

- 1,05 y 0,092 cálculo entre plástico y elástico.

- 1,165 y 0,084 plástico.

Ferry Borges (ref. 2) da peso propio como centrado de dispersión 2% en acero, 3,7 a 9% en hormigón.

- Para sobrecarga en pavimentos da:

- Mobiliario 0 a 50 kg/cm², media 20, no más de 70. En 10 años 30 kg, desviación 15, máximo 128.
- Personas 200 kg/m² fácil, 400 difícil (fotos de cómo tienen que estar apretadas las personas para tener esos números).
- Da información cualitativa valiosa sobre ferrocarriles, carreteras, viento, seísmo (sobre lo que trabajó después).
- Da muchas estadísticas en papel normal para acero de puentes antiguos, y hormigón. Van bien leyes normales o log-normales.

Carpena, en un papel de trabajo del C.E.C.M., recolectó datos de Proceedings A.S.T.M. y A.S.C.E., obteniendo media 102,43 y dispersión 11,554 para el cociente real/calculado en piezas muy diversas. Opina que la dispersión teniendo en cuenta todos los errores deben ser de 15 a 20%.

Manuzio da para el C.I.G.R.E., dispersiones de perfiles en I de 5 a 10% según control (resistencia real/supuesta de un perfil con pandeo).

En el C.I.B. se hacen comunicaciones en todas las reuniones del Comité W-23 datos concretos sobre el particular. (Cap. 2).

6.6.- Comentarios a la consideración de errores en hipótesis

Hay que considerar estos errores, y nuestro método de factores correctivos X_R , X_H , X_S de 4.5 fue tomado de Páez. En la referencia 40 los Srs. Ang proponen otro método consistente en un factor de seguridad V para errores en hipótesis a introducir bajo forma $R < VS$ como "probabilidad de situación insegura". Creemos que, aún con las dificultades de medir este tipo de errores, es mejor la solución Páez.

6.7.- Control de resistencias según Rüsch

El control de calidad, que desde luego no es exhaustivo, debe ser tal que el Constructor se comporte de modo que la resistencia sea adecuada, es decir tal que la probabilidad de ruina sea mayor o igual a la del óptimo económico. Esta teoría la desarrollan H. Rüsch y R. Rackwitz haciendo uso de los métodos estadísticos de control de calidad.

Tendría interés ligar estos trabajos con los del M.O.P. para control de calidad del hormigón (Martín-Jadraque, López Sáiz). y del Instituto Torroja (Verde). En relación con UNESID en particular se vió que si una población tenía ley normal, como los redondos originados por una misma colada, cualquier método (p. ej. resistencia característica = $2 \times$ media de la mitad más baja de $2n$ probetas - media de las dos n probetas) usual va bien. Si son lotes distintos - no (si 50% de los redondos tienen límite elástico 37,5 y el 50% - 40,5 exactamente, la característica es 34,5 y se rechazarían si tuviese que ser 37 kg/mm²,...). En estos casos se proponen otros métodos (el ~~doceavo~~ de una serie de ~~doce~~, etc.... según Verde...).

La Comisión Permanente de la E.H.68 se ocupa activamente de este tema, a la vez que Rüsch convoca reunión europea en Praga en Junio 70.

7.- Abacos probabilidad de ruina

7.1.- Principios:

Tomamos la fórmula 4.5.1

$$7.1.1.- \left(\sum_i a_{ij} \cdot S'_{ij} \right) \cdot XS' \geq XR \cdot Er' (XR'g. 6g'')$$

$$S = \sum_i a_{ij} \cdot S'_{ij} \text{ se supone de ley de valores extremos.}$$

$Er' (XR'g. 6g'')$, y las otras variables ~~se supone~~ log-normales. El producto es log-normal (con más aproximación que los factores), de valor central producto o cociente de los valores centrales de factores o divisores. La dispersión SR es tal que $SR^2 = \text{suma cuadrados de dispersiones}$.

Finalmente la condición de ruina queda con:

$$R = XR \cdot Er' (...) / XS'$$

$$7.1.2.- R \leq S$$

En S tenemos en cuenta las causas de acción aleatoria repetida con el tiempo de ley de valores extremos. En R los achacables a incertidumbres humanas, en particular en conocimiento de resistencias.

No son pues ni S la carga ni R la resistencia únicamente.

7.2.- Abacos y Figuras

En la figura 7.1 damos ábacos de la probabilidad que se presente $R \leq S$.

S es supuesta de valores extremos, moda Q, desviación típica $SQ \cdot Q$.

R es supuesta log-normal, de logaritmo $N(\ln(MR), SR)$. MR es próximo a la media, SR a la dispersión. En el ábaco pone R en vez - de MR (ver 6.1).

Se entra con SQ, SR y $MR/Q = R/Q$ en el ábaco.

Los resultados se parecen a los de otros autores, salvo que usemos leyes ^{log. normales} de ~~valores~~ ^{valores} ~~minimales~~ para las resistencias (ref. 38).

7.3.- Uso

Dados los factores de 7.1.1, hay que estimar las leyes de S. Para ello pueden usarse los ábacos (5.2.2) o el programa (5.2.1) del capítulo 5, u otra estimación válida de superposición de cargas hasta estimar la ley de valores extremos $S = \sum_j a_{1j} S_j$ y la dispersión Dis en el período considerado. Recordemos que $SQ = Dis/(1-0.45.Dis)$.

Hemos de estimar Er' ($XR'g, R_g, \dots$) en que intervienen diversos materiales, como ley log-normal, lo que es fácil si sólo hay un material y la ley Er' es lineal, mucho menos fácil en caso contrario. En 5.3 introdujimos la hipótesis desfavorable de que los materiales debían resistir por separado en cuanto a coeficientes de seguridad, lo que nos llevará en el capítulo 11 a considerar un único material para comparar coeficientes de seguridad.

Estimamos a continuación R a partir de 7.1.2, así como SR, y $C = MR/Q$. Entramos en los ábacos con SQ, SR, C y hallamos probabilidad de ruina. En particular si la carga no crece con el tiempo (de tipo aleatorio, como las cargas permanentes), hemos de poner su dispersión en XS' de 7.1.2 con $S' =$ carga media.

Su dispersión figura sólo en R, y con buenos resultados.

Recordemos que, para dispersiones pequeñas y ley de valores extremos de tipo I:

$$\text{Moda } Q = \text{característica} / (1 + 2.32. Dis + Dis^2 \cdot 1.04)$$

Si hemos entrado en el ábaco con la probabilidad de ruina correspondiente al tiempo de definición de la ley de valores extremos, el coeficiente hallado no es entre valores característicos sino entre valores centrales, C.V.C. Si las definiciones de características C son las de 3.2, (o sea correspondientes a 5% para cargas y resistencias) es aproximadamente:

$$7.3.1.- \quad C = (C.V.C.) \cdot (1 - 1,64.SR_g + (1,64)^2 \cdot SR_g^2 / 2 \dots) / (1 + 2,32 \cdot SQ).$$

Parecido a:

$$(1 + 2,32.SQ \neq 1 + 2,32 Dis + 1,04 Dis^2)$$

$$C = (C.V.C.) \cdot (1 - \underline{1,64} \cdot SR_g) / (1 + 2,32 Dis)$$

Si es la definición de característica usada en construcción metálica (ver 3.2.1), queda:

$$C = (C.V.C.) \cdot (1 - \underline{2} \cdot SR_g) / (1 + 2,32 Dis + Dis^2 \cdot 1,04).$$

Para justificar esta fórmula hemos de hacer:

$$(C.V.C.) = Q/MR$$

y poner valores centrales en función de la característica.

Para cargas aleatorias y definición de 3.2.1) resulta:

$$S_k = Q / (1 + 2,32 \cdot SQ).$$

Para resistencias al 5% y leyes normales:

$$R_{gk} = R_g \cdot (1 - 1,64 \cdot SR_g)$$

Para resistencias al 5% (según 3.2.1) y leyes log-normales:

$$R_{gk} = R_g \cdot (\exp(\ln(MR) - 1,64 SR)) \neq MR(1 - 1,64.SR + (1,64)^2 \times SR^2 / 2) \neq MR(1 - 1,64 SR)$$

7.4.- Métodos para llegar a los ábacos

Si las funciones de densidad de R y de S son f y g:

$$\text{prob} (R < S) = \int_{R < S} f(R) \cdot g(S) dR \cdot dS$$

La integración se hace por sumas dobles con un ordenador.
(Programa P.7.1.).

En ese programa aumentan la eficiencia los cambios de variable tales como:

$$R = R_{\text{media}} + A.D.I^3/B^3,$$

donde A es un número de desviaciones típicas que fija el recorrido de R, D un parámetro a leer por el computador (para calcular el mismo punto con varias aproximaciones) y el número de pasos es aproximadamente 3.B en una integración simple (3.B + 1 en la de S, de 0 al valor correspondiente a S en las de R).

Permite hallar probabilidad simultánea de ruina de varios elementos sometidos a cargas proporcionales, cada uno rompiéndose si $(R \cdot PW / (R + PW)) < S$, o si $R < S$ a elección. Las cargas son las mismas para cada elemento, no así las resistencias.

Se introduce, para elementos de cargas proporcionales y resistencias equivalentes:

- número de elementos (entero), desviación típica cargas, número (variable) de pasos, parámetros del orden de 1 (a efectos de comprobación numérica), la moda de la ley de cargas, que es de valores extremos,
- para cada elemento C entre valores centrales PW (mayor de 10^{+8} si se quiere usar $R < S$) y N. La ley de resistencias es de logaritmo normal ($\exp(C), N$).

Da la probabilidad de ruina simultánea de los elementos y repite datos anteriores.

Se comprueba que con cargas enormes la probabilidad de ruina es 1.

El programa es P-7.1. Es fácil cambiar las distribuciones (por ejemplo con los trozos P-7.2).

7.5.- Otros ábacos

Hay muchos autores que han calculado ábacos similares a los 7.1. Entre ellos:

Manuzio, ref (9)

Ferry Borges, ref (33).

8.- PRINCIPIOS DE OPTIMIZACION. TABLAS DE OPTIMOS

8.1.- Factores que vamos a incluir en la optimización

El mejor criterio para dar coeficientes de seguridad es hacer una optimización en función de un costo de ruina generalizado, en general costo de la ruina ^{no} ~~la~~ probabilidad de la ruina más coste de la estructura. Vamos a ^{hacer} ~~hacer~~ en este capítulo una aproximación de estos costes en función de un cierto coeficiente C de seguridad. En el capítulo 10 vamos a hablar de como evaluar el coste. En este capítulo vamos a dar unas tablas de coeficientes de seguridad óptimos en función de los parámetros más relevantes que influyen en la seguridad y en las consecuencias de que las cargas sobrepasen a las resistencias. (X)

8.1.1.- Probabilidad de ruina de un elemento, Notaciones

La fórmula aleatoria (4.5.1.) que ponemos en la forma -
8.1.1.1.) $XS' \sum_i a_{ij} \cdot S'_i \geq b \cdot XR \cdot 6''_g \cdot SR'_g$ linealizando los dos miembros y para un único material nos permite calcular las probabilidades de ruina de ese elemento si conocemos las dispersiones de las variables que figuran en ellas.

Puede servir también para calcular la probabilidad de ruina con varios materiales, estimando en 4.5.1. $Er' (6''_a \dots 6''_b)$ como ley log-normal.

Para conocer probabilidades de ruina, aplicando los resultados del capítulo 7, nos basta con estimar en (poniendo a_1 por a_j):

$$8.1.1.2.- XS \sum_i a_i (S'_i \cdot XS_i) \geq b \cdot (X'R \cdot SR'_g) \cdot 6''_g$$

(1) La dispersión de las cargas, sea con S'_1 si son de valores extremos, (cargas de viento), sea de XS'_1 si son logarítmico-normales (cargas permanentes). En 7.1. vimos que en el primer caso $Q = S$ = moda de la variable aleatoria $\sum_i a_i \cdot S'_i$, $SQ.S$ = desviación típica

(*) Un exceso de material inútil sería costoso e implicaría no atender a otras necesidades, como hospitales, etc...

de S'_1 , y en el segundo Q = valor central de la carga. En ambos:

$$8.1.1.3.- R = b. (XR.SR'_g). 6''_g / (XS.XS_1) \text{ para una carga } i.$$

(2) Las dispersiones de las variables que vamos a considerar log-normales, o sea XR , SR'_g , XS , además de la XS_1 ; puede darse la dispersión de varias de ellas juntas (ver 6.1.). La media cuadrática de las dispersiones en SR . (La dispersión de Y se representa por SY).

(3) El producto de los valores centrales de 8.1.2. que puede ponerse en la forma de coeficiente entre valores centrales:

$$C.V.C. = b.M6''_g.MXR.MSR'_g / (a_1.MXS.MXS_1.Q), \text{ donde } MY \text{ es el valor central de } Y \text{ próximo a la media definido en 6-1, (para la carga } i).$$

En general tendrán valores dimensionales a , b , Q , $M6''_g$ (en m^2 , $(mT)/kp/cm^2$), T_p/m , kp/cm^2 por ejemplo en comprobación a flexión).

Por definición adecuada (5.3.1.), $MXS_1 = 1$. Según hipótesis (6.3), $MSR'_g = 1$, y según (6.3), $MXS/MXR = MXH = 1$, pudiendo considerarse estas últimas diferentes de 1 si fuesen adecuadamente medidas.

En todo caso nos queda una condición de ruina $[S < R]$ con los valores de $C.V.C. = MR/Q$, SQ y SR para usar los ábacos 7.1. (hipótesis de 7.4.).

Observamos por comparación con la fórmula de comprobación 4.5.2), que se puede poner en la forma análoga a 8.1.2.

$$8.1.1.4.- \sum_i a_i S_{ik} C_{i1} \cdot e_{i1} \geq b.6_{gk} \text{ que para una carga aislada (i dado y } e_{i1} = 1).$$

$$C_{i1} = (C.V.C.). (6_{gk}/M6''_g)/(S_{k1}/Q).$$

Según la definición de característica (3.2.1), resulta (7.4)

para hormigón (según hipótesis C.E.B.):

$$C_1 = (C.V.C.) \times (1 - 1,64.SR_g) / (1 + 2,32.Dis + Dis^2 \cdot 1,04)$$

y construcción metálica (según hipótesis C.E.C.M.):

$$8.1.1.5.- C_1 = ((C.V.C.) \times (1 - 2.SR_g) / (1 + 2,32.SQ)).$$

En las tablas hemos aproximado C_1 por:

$$8.1.1.6.- C_1 = (C.V.C.) \times (1 - 2.SR) / (1 + 2.SQ).$$

Podemos pues hallar β_j en función de SQ y de SR, *(Alcua 7.11) y G*

Si no hacemos 1 ciertos coeficientes, hemos de incluir la corrección:

$$C_1 = (C.V.C.) \times (MXS.MXS_1 / MXR.MSR'_g) \times (1 \dots SR) / (1 + \dots SQ)$$

8.1.2.- Probabilidad de ruina conjunta de varios elementos

~~Empezamos~~ Empezamos nuestro trabajo, según sugerencia de Carpena para el C.E.C.M. por ~~esta probabilidad~~, tomando la ref. (27), de Ang y Amin, como partida, además de los trabajos de Páez-Torroja (ref(3)). Unas hipótesis parecidas fueron hechas por Turkstra (referencia 31).

Empezamos viendo la probabilidad de ruina de varios elementos de resistencias independientes R_1 frente a cargas S proporcionales. El programa PH-10 (P-7-1) nos permite hallar las probabilidades de ruina de un elemento, o de varios a la vez. A poco que las dispersiones de varios elementos sean distintos de cero, la probabilidad de ruina de varios elementos a la vez es despreciable. Como en Teoría de Probabilidades (prob(A) + prob(B) + prob(C) - prob(AB) + prob(ABC) = prob(A + B + C)) es cierto, resulta que la probabilidad de ruina de dos o más elemen-

tos a la vez. (Prob (A + B), es próxima a la suma de probabilidades de ruina de cada elemento (prob (A) + (B)) por ser despreciables las probabilidades de ruina de dos (prob (A.B)) o más a la vez (según vimos sobre ejemplo).

En la realidad, es más desfavorable la probabilidad de ruina conjunta de varios elementos, por ser sus resistencias no independientes (el cuidado o la dosificación de su hormigón puede ser el mismo), y por ser comunes en parte los errores de hipótesis. Este hecho viene mitigado por el hecho de que los esfuerzos sobre varios elementos no son proporcionales, ni con una carga (viento que actúa en direcciones varias), ni con varias cargas.

Por tanto tomamos la hipótesis pesimista de que la probabilidad de ruina en una estructura es la suma de las probabilidades de ruina de sus elementos.

8.1.3.- Función a minimizar

Si el coste de un elemento es I_j , y el coste de la ruina considerada (puede ser colapso total o parcial, o límite de utilización) (Coste) la esperanza matemática del gasto total es, con el resultado 8.1.2. (kg = prob ruina del elemento j):

$$\text{Coste} = \sum_j p_j + \sum_j I_j$$

En el capítulo 10 hablaremos del coste generalizado.

Como minimizar sumandos supuestos independientemente, función cada uno de un coeficiente de seguridad, equivale a minimizar uno de ellos, hemos de minimizar ($\text{Coste} \cdot p_j + I_j$) para cada elemento. Es la misma expresión que si hubiese un solo elemento, - lo que indica que se dimensionarán todos como críticos. Siempre de hecho habrá algunos que sean más críticos (pilares de las esquinas de un edificio alto sometido al viento).

Para aproximar I_j usamos, aparte de un sumando constante que no intervendrá en la minimización, $(M_p).C/(1 - C.V.)$. Pueden definirse M_p y V como sigue (C es el de 8.1.6.).

M_p = sobrecarga (de su distribución estadística supuesta tomaremos el valor $(Q + 2.SQ)$ si aleatoria, con $SQ = 0$ si incierto; debido a la poca influencia de pequeños errores en (M_p) y a su mala determinación pueden tomarse los valores característicos) multiplicada por el precio del incremento de costo de la unidad suplementaria de "resistencia". La unidad de "resistencia" y la de sobrecarga serán las mismas (toneladas para la carga y coste de la tonelada suplementaria de resistencia resistiendo a esa carga por ejemplo). Las resistencias en características (valor central - desviaciones típicas).

V = "sobrecarga" (medida análogamente a la anterior) debida al incremento correspondiente de una unidad de "resistencia" - (p. ej. momento flector en $m.Tp$ en el centro de un vano de un puente creado por el incremento de material para que ese centro resista $1 m.Tp$ más). $V = 0,3$ es un valor muy fuerte. $V = 0$ indica que el peso propio de ese elemento no da cargas sobre ese elemento.

Damos los resultados en función de V $A = \text{Coste}/(M_p) = (\text{Coste de la ruina/coste del elemento})$ multiplicado por $C/(1 - C.V.)$, - parámetro que indica la gravedad de las consecuencias para un elemento dado, C , SQ y SR , los tres parámetros definidos en 8.1, *etcétera*.

8.2.- Cálculo de las tablas

Son obtenidas por optimización numérica, usando un algoritmo de la forma $(x_{i+1} = x_i - (df/do)/(d^2f/do^2))$ para la función $f = A.p + C/(1 - V.C.)$.

La probabilidad p de ruina está dada por:

- Una ley log-normal si $SQ=0$ (desarrollo de la forma $\exp(-x^2/2) \approx (1 - 1/x^2 + 3/x^4 - 15/x^6 \dots)/(x \cdot 2,5)$) para $x = (\ln(C.V.C.))/SR$.
- Una ley de valores extremos si $SR = 0$.
- Una interpolación de los ábacos 7.1 si SQ y SR son distintos de 0, en forma de dos rectas, una para C.V.C. de 1 a 4, otra para C.V.C. de 4 a 7.

El cálculo se efectuó por ^{un} programa Coeficiente de seguridad óptimo, P-8-1. Usa en cada optimización una "procedure" ^(*) en la que se busca un $x_0 = C$ adecuado para que el algoritmo converja a base de tomar un nuevo x_0 si diverge el proceso. En una misma horizontal (A creciendo) va tomando el C anterior a cada valor de A .

8.3.- Uso de las tablas

Se entra con SR ($= 0, 0.1, 0.2, 0.3$) y V ($0, 0.2, 0.4$) sucesivamente en un cuadro. En un subcuadro después con SQ ($= 0, 0.5, 0.10, 0.20, 0.30$). Las columnas se refieren después a valores de A .

En una columna se obtienen 5 valores:

- 1º C.V.C. $(1 - 2.SR)/(1 + 2.SQ)$.
- 2º C.V.C. = coeficiente entre valores centrales.
- 3º El primer número otra vez.
- 4º Probabilidad de ruina correspondiente.
- 5º Costo de la ruina $(A.p + C/(1 - C.V.))$.

8.4.- Conclusiones rápidas a partir de las tablas. Ver 11-2.2.

(*) Subprograma en Algol

8.5.- Ejemplo de uso de las tablas

Tomando un ejemplo de 11.3.3, suponemos $A = 10^4$.

Dispersión de errores en hipótesis $SH = 0,048989$.

Dispersión de cargas = 12% en la vida de la estructura.

Dispersión de resistencias 5%.

Calculamos:

$$SR = \sqrt{0,048989^2 + 0,05^2} = 0,07$$

$$SQ = 0,12 / (1 - 0,12 \times 0,45) \text{ (o bien ábaco 5.36) } = 0,1268.$$

Entramos en las tablas ($A = 10^4$), $V = 0$) P.8.2.

SQ \ SR →	0	0,10
0,10	1,9330	2,1728
0,20	2,7817	3,0655

Salí, interpolando, un coeficiente entre valores centrales de 2,34 que puede pasarse a coeficiente entre características.

9) Consideraciones sobre el pandeo

En todo sistema de comprobación como los propuestos actualmente (capítulo 3 sobre normalización) es necesario que las comprobaciones en las que entran fenómenos de inestabilidad armonicen con las demás comprobaciones. Es decir, se debe emplear uno de los criterios de 3.3.5, sea optimizando el coste de ruina, sea fijando la probabilidad de ruina en la vida de la estructura y emplear las mismas cargas y resistencias a usar sin pandeo.

Las comprobaciones de pandeo se hacen en particular:

- 9.1) Mediante el estudio de los esfuerzos secundarios, teniendo en cuenta, a falta de otros métodos, las influencias de las deformaciones en los esfuerzos, que se incrementan con esfuerzos secundarios. El cálculo de esos esfuerzos puede ser iterativo. Se puede representar el proceso por una condición de ruina 4.5.3. $\text{Esf. } (S_i) \geq \text{Er. } (6\sigma)$, representando el primer miembro el esfuerzo real originado por cargas habida cuenta de los esfuerzos secundarios. La ley 4.5.3., se usa para comprobar, haciendo uso de la Resistencia de Materiales, por una fórmula 4.5.2. $(\text{Esf}' (S_i \cdot \gamma_c \cdot \gamma_s))$ será menor que $\text{Er}' - (6k / \gamma_m)$. Esf' y Er' son no lineales ambas, creciendo Esf' más que linealmente con los S_i en los casos peligrosos.

9.1.1.) Ejemplo

Por ejemplo sea el caso desfavorable de la figura 9.1 de una ménsula rígida empotrada en un pilar no demasiado esbelto de esbeltez 36,6; IPE-33, de $L = 5$ m de largo, con una carga de 5 T con excentricidad 2 m. De la ecuación diferencial^(*) de la deformada encontramos el momento en A, $\frac{1}{2} S_i / (\cos \sqrt{S_i / EI})$. Incluso teniendo en cuenta el pandeo

(*) Simplemente planteando una deformada $y(x)$
$$E I \frac{d^2 y}{dx^2} + (y'' - y(x)) S_i = 0$$
, con condiciones de borde empotrada y libre.

deo, la condición de ruina más desfavorable compara $Esf (S_1) = \frac{2Si}{\cos(\sqrt{S/EI})} W + Si/A$, tensión de la fibra exterior de la base, con el límite de fluencia σ_k . Este σ_k debiera ser, según la comprobación $(Esf (S_k, \gamma_s) \geq \sigma_k / \gamma_m)$ para tener dimensionamiento crítico:

$$\text{Con } \gamma_s = 1,414; \gamma_m = 1 : \sigma_k = 3,92 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Con } \gamma_s = 1,19; \gamma_m = 1,19 : \sigma_k = 3,24 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Con } \gamma_s = 1; \gamma_m = 1,414 : \sigma_k = 3,12 \text{ kg/cm}^2$$

La diferencia, del 25% en un pilar no muy esbelto, es de consideración. Pueden darse en la práctica casos peores. Es preciso pues poner parte de la seguridad en los γ_s y parte en los γ_m según algún criterio de 3.3.5. Usaremos el abreviado de probabilidad de ruina anual dada.

Observemos que este problema de distribución de un coeficiente total entre γ_s y γ_m para tener seguridad homogénea en "casos lineales y no lineales" es distinto del principio de poner en γ_s las incertidumbres en γ_s y en γ_m las incertidumbres sobre γ_m , lo que ha sido propuesto por Tahl, Franco Levi, la I.S.O., etc..., y estudiado probabilísticamente en particular por Cornell (Ref. (29)). En la primera aproximación podremos sin embargo conseguir γ_m dados para ciertos materiales, y γ_s dados, independientes, para cargas, visto la imprecisión de los razonamientos probabilistas. Siempre será mejor excederse en γ_s disminuyendo γ_m pues ello - únicamente implica excesiva seguridad en los casos peligrosos, y es indiferente en casos lineales.

9.1.2) Abacos y tablas

Con un fin más ambicioso, hicimos unos ábacos con el programa PH - 10, (P - 8 - 1) siguiendo en vez de la ley $R \leq S$ para la

ruina, la ley $R.Pw/(R + Pw) \leq S$, que equivale a $R \leq SPw/(Pw - S)$, y que aproxima un límite de equilibrio de carga de Euler Pw . Naturalmente el pandeo no sigue esta ley, pero no es tan distinta de la experimental del C.E.C.M., que es la real. La real es algo menos pesimista. (Ver figura 9 - 2), aunque también varía Pw .

$Esf(S) = S.Pw/(Pw - S)$ que tiende a infinito recordando al pandeo si S tiende a Pw , y que tiende a S si Pw tiende a ∞ .

Por su parte $Er(R) = R$, estando en R incluidos errores de hipótesis varios.

El programa P - 8 - 1 da la probabilidad de ruina de un elemento, a partir de la ley de S (dada por su moda $Q = 1/\sqrt{2}$, su desviación típica $Q \cdot SQ$), la ley de R log-normal, (de logaritmo $N(\ln(MR), \sqrt{R})$) y Pw . Los datos en orden libre a introducir son:

- Número de elementos enteros A .
- $Q \cdot SQ = SQ$, (pues $Q = 1$).
- B entero, proporcional al número de pasos, del orden de 15.
- D real, parámetro para comprobar precisión (0,7; 1 valen).
- $1 = Q$.
- Por elemento $-\ln(MR) = C(K)$.
- Pw del elemento (si ∞ dar 10^9) = $Pw(K)$.
- $XR = N(K)$.

El computador calcula la integral múltiple de la probabilidad de ruina simultánea. Un elemento se rompe si $Q \cdot SQ \geq Pw.R/(Pw + R)$ en ese elemento. Imprime referencias y la probabilidad.

Lo hemos usado para 1 elemento, obteniendo los ábacos 9-3; 9 - 4; 9 - 5; 9 - 6.

Como pusimos en 4 - 5, los errores de hipótesis en factor multiplicativo R, cometemos un cierto error al disminuir PW, considerado sin error. Por ello SR tiene cada vez menos influencia al crecer PW. Estudios de los ábacos permiten ver en aproximación muy somera que una incertidumbre del 10% en PW equivale a multiplicar por 2,5 la probabilidad de ruina, necesitando que PW sea muy grande para que desaparezca este efecto.

En los ábacos aparecen títulos del tipo "carga de pandeo = a.R" que significan que $PW = a \cdot MR$, $\ln(R)$ variable de distribución $N(\ln(MR), SR)$.

Con estos ábacos hemos hallado unas tablas de coeficientes óptimos y probabilidades de ruina. Para cada SQ, SR, a, v,.... con las mismas definiciones del párrafo 8 aparecen (a partir del programa P.8.1):

- Coeficiente = (Coeficiente) $(1 - 2 \cdot SR) / (1 + 2 \cdot SQ)$
- Coeficiente entre valores centrales de R y C ~~dividido~~ $/ (1 + 1/a)$
~~Coeficiente~~ = Coeficiente.
- Coeficiente Q entre valores centrales $(1 - 2 \cdot SR) / (1 + 2 \cdot SQ)$ = CA.
- Probabilidad de ruina
- Coste de la ruina. El elemento cuesta $(CA / (1 - V \cdot CA))$.

Por su menor interés estos ábacos y tablas están menos cuidados y comprobados que los del capítulo 8.

9.1.3) Algunos datos numéricos, inspirados en la realidad, conducentes a distribuir el coeficiente de seguridad entre χ_s y χ_m . En ellos introducimos una posible variación de PW del 7% al 10%, incluida en R si PW es infinito.

Consideramos únicamente una carga, susceptible de provocar esfuerzos creciendo según $(PW.S/PW-S)$ a comparar con R. Caso de ser mas de unas cargas el caso suele ser menos desfavorable en cuanto a efectos de inestabilidad. Admitiremos pues que el reparto entre -

γ_s y γ_m para una carga vale para Esf $(S_1 \dots S_n)$ o es pesimista. Un estudio posterior requeriría estudiar leyes aleatorias de muchas variables (11.4.2.2)

Se dimensionará con la fórmula correlativa en 9.1.4.1.

$$R_k / \gamma_m \geq PW.S_k. \gamma_s / (PW - \gamma_s)$$

9.1.3.1) Pretendiendo representar lo que pasa con el hormigón.

La resistencia R es tomada de dispersión 15%, con errores totales de hipótesis del 20% más 7% de ellos sobre PW. Las cargas son tomadas de ley de valores extremos de dispersiones 10%. En todo caso $\gamma_s \cdot \gamma_m = 2$.

Las definiciones de las características son al 5%, o sea las del C.E.B.

$$R_k = R_m \cdot (1 - 1,64 \times 0,15) = 0,754 \cdot R_m$$

$$S_m = S_m (1 + 1,87 \times 0,10) = 1,187 \cdot S_m$$

Usamos los ábacos y definiciones de los capítulos 8-9

	γ_s	2	1,6	1,25	1
$a \downarrow$	γ_m	1	1,25	1,6	2
∞	$1,5 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-6}$	$1,5 \times 10^{-6}$
2	2×10^{-7}	$1,38 \times 10^{-6}$	$3,75 \times 10^{-6}$	$8,75 \times 10^{-6}$	$8,75 \times 10^{-6}$
1	$1,5 \times 10^{-7}$	10^{-6}	8×10^{-6}	$2,5 \times 10^{-5}$	$2,5 \times 10^{-5}$
0,5	\times	$3,75 \times 10^{-7}$	$2,5 \times 10^{-5}$	$1,25 \times 10^{-3}$	$1,25 \times 10^{-3}$
0,2	$2,5 \times 10^{-8}$	$1,5 \times 10^{-5}$	$1,25 \times 10^{-3}$	\times	\times

- 9.1.3.2) Para armaduras de hormigón, con 15% de error de hipótesis y 7,5% de dispersión de acero ($R_k = R_m (1 - 1,64 \times 0,075)$) y S de ley de valores extremos de dispersión 5% y ruina dispersión 7% - $\gamma_s \cdot \gamma_m = 1,65$.

	γ_s	1,65	1,50	1,30	1
	γ_m	1	1,1	1,2692	1,65
∞		$1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$	$1,8 \times 10^{-5}$
2		$1,75 \times 10^{-6}$	5×10^{-6}	$1,25 \times 10^{-5}$	5×10^{-5}
0,5		x	5×10^{-8}	5×10^{-6}	$2,5 \times 10^{-3}$
0,2		>	>	10^{-5}	$2,5 \times 10^{-3}$

- 9.1.3.3) En acero de construcción metálica de dispersión 7,5%, con errores de hipótesis del 10% y S de ley de valores extremos de dispersión 5%. Usamos la definición de característica de la construcción metálica (C.E.C.M.), $R_k = R_m (1 - 2 \times 0,075) = 0,85 \times R_m$ ($\gamma_m \cdot \gamma_s = 1,43$).
Mismas hipótesis sobre PW, es decir, multiplicar por 2,5 probabilidad si PW no es infinito.

	γ_s	1,43	1,30	1,1	1
	γ_m	1	1,1	1,30	1,43
∞		7×10^{-7}	7×10^{-7}	7×10^{-7}	7×10^{-7}
2		$7,5 \times 10^{-7}$	$1,75 \times 10^{-6}$	$6,25 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-5}$
1		$2,5 \times 10^{-7}$	10^{-6}	$7,5 \times 10^{-6}$	x
0,5		$2,5 \times 10^{-7}$	$1,5 \times 10^{-5}$	x	x
0,2		$4,5 \times 10^{-7}$	10^{-5}	x	x

9.1.3.4) Conclusiones

Los resultados de los cuadros anteriores, hechos con unos datos muy particulares, son bastantes expresivos. Dicen más o menos que la práctica actual es bastante buena. (Método de mayoración de cargas por γ_s).

En el hormigón armado conviene ^{que} γ_m no sea mayor de 1,25 a 1,3. Observemos que el haber puesto muchos errores de hipótesis aumenta este valor. Prudentemente creemos que se debe limitar γ_m en 1,2 si los esfuerzos secundarios son importantes.

En acero, con la definición de R_k del C.E.C.M. parece que debe ponerse un γ_m pequeño, y uno, ¹/_{va} bien. Si $R_k = R_m$ (1-1,64x dispersión de σ_a), los resultados varían muy poco por la poca dispersión del material, al pasar de 2 a 1,64.

Un compromiso bueno, para tener γ_s parecidas en acero y construcción metálica, sería hacer $\gamma_m = 1$ en construcción metálica, $\gamma_m = 1,1$ a 1,2 para acero de armaduras de hormigón (sujeto a errores de hipótesis mayores, como las de excentricidad).

Con errores de hipótesis variados oscilan los resultados, pero creemos que estas conclusiones son válidas.

- 9.2) Mediante el uso de fórmulas o tablas, que reducen el pandeo a casos lineales (método de coeficientes ω o similares). Estas tablas son de origen teórico (Euler perfeccionado) o experimental (C.E.C.M.). Cuando el estudio es experimental, obtenemos prácticamente unas cargas resistentes R conocidas por semejanza, a comparar con la carga S . Por ejemplo métodos de excentricidades suplementarias en hormigón, leyes de pandeo de alma o lateral o de torsión...

Por variar poco la probabilidad de ruina con la característica procede tomar como carga de pandeo experimental característica -

(media menos 1,64 o dos desviaciones típicas). *Ej.* C.E.C.M. ref(14) de donde sacamos la fig. 9.1 en parte.

Valen entonces las consideraciones del capítulo 8. En caso de pandeo los riesgos son mayores (por avisar menos o por tener el accidente mayor probabilidad de ser catástrofe), ~~ya que suelen~~ ser los elementos mayores. Los errores de hipótesis son mayores, sobre todo en cuanto a la vinculación en los extremos de la pieza, lo que suele evitarse ^{con} hipótesis de vinculación más bien posimistas (equivale a dar MSR distinto de 1 en 8-1); para resultados ver fig. 11-1; 10% de error en hipótesis se compensa con una mayoración de 1,2 en primera aproximación. Parece buena práctica tomar seguridad al considerar esta vinculación (artículo 3.14.3 de la EM-62 ref (22), art. 7.31 de HA-61, ref (21)).

De todos modos el coeficiente debería ser mayor ~~cuando~~ cuando las reservas plásticas de pandeo son pequeñas (caso de una viga de perfiles a diferencia del caso de la abolladura de alma que debería ser mayor).

Es buena práctica el reducir el límite de deformaciones admisibles dado por curvas experimentales con pandeo en la razón (límite garantizado de rotura/límite característico real de rotura) de las piezas empleadas en la experiencia.

(Así se logra ^{que} que la curva experimental (fig-9.1) pase por el límite elástico garantizado para $X = 0$).

En efecto, el fabricante es libre de bajar la resistencia característica hasta la garantizada, lo que bajaría también la resistencia al pandeo de un modo proporcional en primera aproximación.

En casos de pandeo frágil se podrían poner mayores coeficientes (a incluir en las curvas experimentales o tablas).

Las teorías probabilistas aquí citadas, por traer la ruina de un elemento la del conjunto, dan coeficientes válidos para el pandeo.

9.2.1) Leyes no lineales con varias cargas

La ley $S \cdot PW / (PW - S) \geq R$ de 9.1 debe ser tomada como una ley no lineal particularmente desfavorable, más que como una representación de la realidad.

Una representación mejor se hace tomando una deformada del tipo senoide, cumpliendo las condiciones de extremos, tal que la flecha en el centro coincida con una plastificación suficiente de la sección. Sea f esta flecha. La condición de ruina para pieza comprimida es:

$$R \leq f \cdot S/W + S/A \quad (W = \text{momento resistente}, A = \text{área}).$$

Se parece más a una función lineal $S \cdot X S$, que a la ley $PW / (PW - S)$.

Si tenemos varias cargas S_1, S_2, \dots , un estudio probabilístico directo sería complicado. Un ejemplo de la extensión del reparto entre γ_m y γ_s a varias cargas está presentado en 11-4-2-2, con ejemplo en la figura 11.3. Aplicamos las mismas conclusiones que para reparto lineal, con una distribución de la seguridad adecuada entre γ_m y γ_s , es decir, preponderantemente en γ_s .

9.3) Teorías posteriores. Cálculo plástico. Hiperestatismo.

9.3.1) Introducción.- La nomenclatura y la elección probabilista de coeficientes de seguridad debe ser aplicada con los criterios de 3.3.5 a los métodos de cálculo que por ser más avanzados representan mejor la realidad. (*)

9.3.2) Cálculo plástico límite. Modelo Simplex.- El cálculo plástico límite (ref. (15), (16), (17) y otras muchas), (ref.(16) asegura que - se hunde una estructura bajo cargas dadas, asegura que no se hunde si se toman precauciones para la inestabilidad (bibliografía en referencia (16), libro en preparación por Martínez Calzón).

Recordemos que se consideran cargas proporcionales a P, y el número de rótulas posibles (es difícil situarlas a priori) que dejarían a la estructura con n grados de libertad, pudiendo ponerse los desplazamientos en función lineal de n coeficientes $\alpha_1 \dots \alpha_n$ en primera aproximación. Si se cae la estructura, y lo hace para P a partir de P. crítica = P_c, el trabajo de las fuerzas exteriores - P_c. $\sum b_i \cdot \alpha_i$ es mayor que el principal $\sum M_j \cdot a_j$ de las interiores donde M_j es el esfuerzo interior límite correspondiente a la deformación entre piezas $a_j = c_j^j \cdot \alpha_j$. No nos complica considerar M_j distinto para a_j positivo, M'_j, o negativo, M''_j.

El ejemplo clásico es el de los pórticos con mecanismo o rótulas (M = momento plástico, a = giro entre rótulas), valiendo también para celosías planas o espaciales (M = tensión de rotura, a alargamiento en rotura entre extremos). Es de interés considerar M'_j y M''_j diferentes (por pandeo en compresión, o en hormigón).

Es fácil demostrar, y hemos hecho ejemplos con éxito, que el mecanismo se halla resolviendo el problema lineal:

$$\text{Max } (z) = \sum_j M'_j a_j - \sum_j (M'_j + M''_j) \cdot d_j$$

Vea ref 81, 82.

con las restricciones:

$$\sum_i b_i \alpha_i = 1$$

$$d_j \geq a_j \text{ para toda rótula } j.$$

Donde las a_j son función lineal de las α_i que son positivas, nulas o negativas. Las d_j son variables auxiliares no negativas.

En la solución $P_c = -z$.

Para demostración habría que considerar el trabajo virtual $P_c \sum_i b_i \alpha_i - \sum_j M_j |a_j|$ de fuerzas interiores el segundo sumando, exteriores el primero, y observar que en el óptimo d_j vale a_j si a_j es positivo y 0 en caso contrario.

Además:

$$\sum_i b_i \alpha_i = 1$$

Por ello z toma en el óptimo el valor de $-\sum_j M_j a_j$, y como $\sum_i b_i \alpha_i = 1$, $P_c = -z$ pues el trabajo virtual es nulo cuando se inicia un mecanismo.

9.3.3) Conclusión e hiperestatismo. - El coeficiente real de seguridad - siendo proporcional a P_c , las teorías de programación lineal nos dicen que P_c varía según una suma ponderada de los M'_j o M''_j . En una suma ponderada la dispersión de la suma es menor que la suma de dispersiones.

El efecto debe de ser todavía más acusado para cargas de tipo distinto. Ello hace que las estructuras hiperestáticas sean más seguras a igual coeficiente de seguridad, aunque a veces los errores de hipótesis sean mayores (pandeo global). En industria aeronáutica en los U.S.A. se mantiene un principio similar (en particular frente a la fatiga).

9.3.4) Teorías más generales.- Naturalmente, las teorías de cálculo plástico límite son insuficientes para mostrar la "biografía" de una estructura sometida a acciones exteriores. Será necesario poner en lenguaje probabilista las teorías sobre cálculo plástico más avanzados (trabajos de Ferry Borges, ref. (4.1)) a fin de dar los coeficientes mayoradores con mejor conocimiento.

Otros problemas serios son los de cargas dinámicas, y los de seismos. Nadie pretende que las teorías probabilistas de seguridad sean una panacea, pero pueden servir para normalizar las definiciones de cargas y resistencias, no demasiado precisadas a veces.

Los criterios de optimización económica y de probabilidad de ruina dada son muy convenientes, por lo menos como referencia.

10) Consideraciones sobre coste de ruina, duración e interés

10-1) Coste de ruina

En cada comprobación se previene uno de ciertos daños con unas cargas mayoradas y resistencias minoradas, daños que pueden ser:

- puesta fuera de servicio de la estructura,
- catástrofe mayor o menor con consecuencias.

Según vimos, corresponde a la colectividad evaluar estos daños para dar unos coeficientes de ponderación que garanticen el mejor aprovechamiento de recursos, siendo en casos de duda (en particular de hipótesis) conveniente el ponerlos algo mayores, pues el costo global crece mucho más deprisa el disminuir coeficientes que al aumentarlos.

El costo de la ruina para la colectividad es suma de (lista no exhaustiva):

- 1º) Coste de reposición de la obra, o de reparación.
- 2º) Pérdidas por falta de uso de la obra (incluyendo paros por efectos psicológicos, miedo futuro..) o de otras instalaciones.
- 3º) Daños a personas.
- 4º) Daños a otras obras.
- 5º) Pérdidas debidas a las investigaciones judiciales y técnicas, degradaciones profesionales, - etc...

En general despreciamos las pérdidas por ruinas repetidas, pues este fenómeno no se produce si las consecuencias son graves.

Para estados límites de utilización sí tienen importancia estas "ruinas" repetidas.

10-2) Duración de la construcción

De la duración estimada dependen las cargas, en particular las de viento.

Las sísmicas dependen mucho de ellas.

Creemos deben estimarse estas duraciones en las normas. Unas duraciones muy grandes son irreales pues.

No podemos equiparar daños actuales en 50 años, y futuros dentro de 400 años. Los segundos importan menos, y serán debidos a acciones muy fortuitas.

Como vida de la estructura 50 años para edificación corriente 150 para grandes edificios parece indicado. Sólo en algún caso de catástrofe enorme con cargas muy aleatorias conviene tener en cuenta los fenómenos seculares (avenidas en presas). Se pueden tomar características en esas épocas.

Aunque no sea responsable un proyectista de la resistencia a actos bélicos de un edificio, es evidente que es ventajoso que sean menores los daños en caso de guerra, y más si se trata de ataque atómico. Este hecho suele despreciarse en los medios técnicos actuales.

Puede buscársele a esto expresión económica.

10-3) Cálculos con interés

Para representar realmente los gastos referidos a fecha actual se puede usar un cierto interés del dinero. Debe de traducir la preferencia de bienes actuales a futuros.

Como es un interés de capital colectivo debe ser ba jo.6% vale para Nación en expansión, que es ^{situación} la actual. Si no hay expansión puede ponerse menos, 3%. Estos gastos pueden crecer con el tiempo (por aumentar la edificación de la zona).

En caso de pérdidas humanas valoradas en dinero pue de ponerse un interés menor, por ejemplo del 3%.

Si no hay pérdidas humanas, puede subirse al 10% - (tasa de interés interna para empresas privadas).

En 50 años, 1 peseta repercute en 0,218 pesetas al 3%, 0,045 al 6%, en $9 \cdot 10^{-3}$ al 9%, en $1,7 \cdot 10^{-3}$ pesetas al 12%.

Las estructuras suelen caerse pronto por errores gra ves, salvo que actúe viento, olas, crecida o terremoto de modo preponderante.

Aunque no conocíamos otras publicaciones con el interés cuando presentamos en el C.E.C.M. las primeras propuestas (octubre 68), actualmente hay un estudio de Driving (U.R.S.S.) presentado por el C.I.B. en Madrid (noviembre 69). Usa 10 a 17% (con "solo responsabilidad económica"). Driving encuentra con es tos muy fuertes intereses que el coeficiente de seguridad óptimo no crece al usar leyes de valores extremos de dispersión cre ciente. Pero usa interés muy fuerte y sólo considera coeficiente entre valores centrales.

10-4) Tablas

Tienen en cuenta que la moda de una ley de valores extremos aumenta con el tiempo, y por tanto la probabilidad de ruina en ellos.

Supuesta ruina si $R \leq S$ (no son resistencia y carga,

sino las magnitudes definidas en 7-1).

En dispersión de S hay que meter la de valores extremos de las cargas aleatorias, en la de R la de errores en hipótesis y de incertidumbre en las resistencias.

(ln (RM), (SR)), siendo SR próximo a la dispersión, RM a la media,

- supuesto que S es de valores extremos , con desviación típica Q.SQ y moda Q definida para 50 años,

- siendo $C = RM/Q,$

damos para un conjunto de valores oportunos de SR, SQ y C tablas aproximadas con la probabilidad de ruina de 11 a 141 años.

Además para varios intereses (0,03, 0,06, 0,09, - 0,012) damos un cociente del coste de ruina actualizado con interés/coste de ruina sin interés.

Para hallar coeficientes óptimos se pueden usar con las tablas de 8. Las tablas de 10 dan, con C estimado, un valor a multiplicar al $((\text{coste de ruina}/\text{coste elemento}) \times C)$. Con él sale un C, (tablas 8), con el que volvemos a estimar en tablas 10 $(\text{coste ruina con interés}) / (\text{coste sin interés})$, y de ahí $(\text{coste de ruina}/\text{coste elemento} \times C)$ para volver a entrar en tablas 8 hasta que converja el proceso.

Los datos de estas tablas no son más que aproximados, pero tienen interés científico. En particular el aumento de la probabilidad de ruina con el tiempo.

10-5) Su obtención (Programa 10-1)

Se usan los ábacos del capítulo 7. Las curvas se -

aproximan por rectas pasando por la esquina superior izquierda.

$$P = 10^{\text{pot}(B.(C - 1))}$$

donde $B = (ZA - 1/(ZB + ZC \cdot SQ))$

que vale para los valores de la tabla, incluso para SQ mayor.

C y SQ están definidos para N_0 (= 50 años).

Al variar N, Q crece y SQ también, conservándose R y SR.

$$L = 1,28/SQ.$$

$$\text{Den} = (1 + \ln(N/N_0))/L.$$

$$CA = C(N) = C(N_0)/\text{Den}.$$

$$SQA = SQ(N) = SQ/\text{Den}.$$

Con estos valores se puede calcular la nueva probabilidad de ruina en N años.

$$P = 10^{BA(CA-1)} = PA(N)$$

Y por un método de integración numérica paso a paso bastante pesado por ~~sumas~~, el coste actualizado unitario (1 para probabilidad de ruina inicial 1):

$$S = \int_0^N dN (\partial P / \partial N) (1-A)^N$$

Se imprime la probabilidad $PA(N)$ y $S/(PA(N))$, que es el coeficiente que interesa, para varios intereses.

Como cálculo numérico se presentan inconvenientes, que complican mucho el programa.

Como aplicación aproximada dividiremos por $\sqrt{10}$ el coste de la ruina si intervienen leyes de valores extremos vistas las tablas obtenidas.

10-6) Como varía la probabilidad de ruina con el tiempo

Con las hipótesis usadas en los capítulos 8-9-10, en

unos ejemplos se muestra cómo se varían las cargas y probabilidades de ruina con el tiempo (figura 10-1, superponible a la 7-1).

Los resultados de esta figura en probabilidades de ruina son mucho más precisos que los de la tabla 10-1. La tabla 10-1, tiene suficiente precisión, sin embargo, en cuanto a coeficientes correctores y probabilidad de ruina en 50 años.

11) MUY BREVES CONCLUSIONES TEORICAS PARA UN ELEMENTO Y CONSTRUCCION METALICA (*)

De lo que precede se pueden sacar muy variadas conclusiones, en vista a su aplicación, según haga falta, a costa de mucho tiempo frente a una calculadora de mesa. Damos únicamente unas muy breves conclusiones dentro de las hipótesis del C.E.C.M. sobre construcción metálica, con resultados concretos.

11-1) Hipótesis y objetivos del capítulo

Son las generales (capítulos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) y la definición de resistencia característica adoptada por el C.E.C.M.

$$6R = . (1 - 2 . \text{dispersión material}). 6m$$

Donde $6m$ = resistencia media del material.

La dispersión será del 5 al 10%. Las dispersiones de hipótesis tendrán desviación típica variable (será un parámetro).

Las cargas vendrán definidas por su característica con probabilidad del 5% de ser sobrepasadas a priori durante la vida de la estructura.

Se pretende mostrar con estas hipótesis como se obtiene un sistema de coeficientes de seguridad por métodos probabilísticos para comprobaciones semi-probabilistas. Naturalmente hay que hacer muchas hipótesis y el resultado debe ser confrontado con la práctica profesional.

11-2) Estudio de la variación de factores para una carga.

11-2-1) C_1 en función de SH, SQ para $A = 10^{3.5}$.

Hemos de usar las tablas del capítulo 8.

Según 8-1-5) podemos hallar C_1 para unos valores dados de errores en las hipótesis (de dispersión SH, centrados), y SQ. Hemos calculado

(*) Este capítulo, necesariamente lleno de fórmulas, puede leerse en primera vista según 11-1, 11-2, 11-3-1, 11-3-2, 11-4-1, 11-4-2, 11-4-4 (entero),

lado algunas docenas de C_1 sistemáticamente. Resultado es que C_1 depende poco de:

- Los errores en resistencias.
- Los errores inciertos en las cargas que son tenidos en cuenta al considerar la característica como carga con el 5% de probabilidad de ser sobrepasada a priori.

En cambio, para A (capítulo 8) dado, depende mucho de:

- La dispersión SQ de la ley de valores extremos.
- Los errores en hipótesis SH no tenidos en cuenta al considerar las cargas características mayores que unas cargas medias.

El resultado simplificado se representa en la figura 11-1 para A = 3, 5. Recordemos que vale en rotura para reparto clásico.

11-2-2) Influencia del coste de la ruina partido por el coste del elemento ($\frac{1}{A}$)

Fórmulas elementales.

A igualdad de SH, SQ, crece con el factor A del párrafo 8, como un 15% al multiplicar el coste de ruina (coste de elemento por 10).

Con más precisión, crece con:

$$(1 + \log_{10} A \times B)$$

donde:

$$B = (1,13 + 1,58 \times SH). Dis + (-0,262 + 1,47 \cdot SH)$$

(No es más que una fórmula de aproximación numérica).

Recordemos que:

- Hay que tomar elementos grandes (pilar, viga entera). (*)
- El producto de la probabilidad de ruina por A es de 1/30

Subdividirlos y sumar probabilidades de ruina conduce a absurdos, pues estos no son independientes.

a 1/6. Crece con SQ y SH.

- La probabilidad de ruina x coste de la ruina/coste del elemento es del orden de 1/10.
- Si el elemento soporta sobre todo su peso propio, conviene reducir en 5% su coeficiente (multiplicando pues por 3 la probabilidad de ruina).
- Si la duración prevista del uso de la estructura aumenta, hay que mantener constante el coeficiente para carga permanente. Pasando de 50 a 200 años se puede duplicar A, para cargas aleatorias (hay que tener en cuenta así el interés, capítulo 10).
- Para cargas "aleatorias" (viento, nieve), conviene poner A disminuido por $\sqrt{10}$ para tener en cuenta el interés del dinero. Esta disminución no debe hacerse para cargas permanentes.

11-3) Resultados para una carga

Según vimos en 9, en construcción metálica va bien el hacer

$$\gamma_m = 1, \gamma_s = C_1.$$

11-3-1) Valores de A

No se pueden dar valores exactos de A, pero parece proceder, en caso de considerar colapso de la estructura (en pesetas):

Tipo	Consecuencias	Costo elemento	Costo ruina	A
1	Pocas, y sin daños a personas	2.000	2 millones	10 ³
2	Normales	4.000	40 millones	10 ⁴
3	Catástrofe anormal	5.000	500 millones	10 ⁵

Para límites de utilización se puede pensar en A menores.

11-3-2) Tipos de cargas usados

Damos valores un tanto poco precisos.

Tipo	Dis	SX	SH
Peso propio	0	Variable 0,05	0,06
Uso	0,04	0	0,10
Variaciones de temperatura	0,04	0	0,06
Presión del viento, en una dirección	0,12	0	0,09
Cargas del suelo activas	0	0,10	0,10
Sísmicas	0,30	0	0,20
Nieve	0,10	0	0,10

SX = 0, quiere decir que metemos el error de apreciación en SH.

SX no nulo quiere decir que tenemos en cuenta SX en la definición de característica (por ejemplo multiplicando por $1 + 1,64 \cdot SX$.)

Los tomamos en 50 años = vida de la estructura.

11-3-3) Otros criterios

El mejor es el de A constante para todas las cargas, minórandolo por $\sqrt{10}$ para las aleatorias.

Va bien (11-2) el poner probabilidad de ruina constante da durante la vida de la estructura, pues es un criterio no demasiado diferente del precedente.

El criterio de " probabilidad de ruina anual dado" es peor.

Veamos un ejemplo. Sean unas cargas dadas, de viento (moda 1 en 50 años, dispersión 12%), y una carga permanente de valor central 1, dispersión 5%. Errores de hipótesis SH de 7% y 5% respectivamente. Con 5 criterios distintos, calculamos coeficientes entre valores valores centrales CVC, valor central de la resistencia necesaria R, y coeficiente entre valores característicos C:

Hipótesis	Probabilidad de ruina anual 10^{-5}			Probabilidad de ruina en 50 años $= 10^{-5}$			Probabilidad de ruina en 50 años $= 5 \times 10^{-4}$			$A = 10^4$			$A=10^4$ permanentes $A=10^{3.5}$ para viento		
Viento	3,116	1,012	1,30	2,37	2,37	1,61	1,89	1,89	1,28	2,34	2,34	1,52	2,25	2,25	1,53
Permanente	1,5	1,5	1,22	1,5	1,5	1,22	1,36	1,36	1,11	1,53	1,53	1,24	1,53	1,53	1,24
Coeficiente	CVC	R	C	CVC	R	C	CVC	R	C	CVC	R	C	CVC	R	C

El criterio de probabilidad de ruina anual dada da poca seguridad relativa para la carga de viento.

11-3-4) Un cuadro de coeficientes para cargas aisladas (*)

A partir de la figura 11-1.

TIPO DE CONSTRUCCION	A	Permanente	Uso	Viento	Nieve	Térmica	Suelo	Prob.ruina 1 a aproximacion
	$10^{2.5}$	1,23	1,23	1,28	1,26	1,19	1,28	$10^{-3.5}$
1	10^3	1,27	1,30	1,38	1,36	1,25	1,34	10^{-4}
	$10^{3.5}$	1,30	1,38	1,48	1,45	1,30	1,40	$10^{-4.5}$
2	10^4	1,33	1,45	1,58	1,55	1,35	1,46	10^{-5}
	$10^{4.5}$	1,37	1,52	1,68	1,65	1,40	1,52	$10^{-5.5}$
3	10^5	1,40	1,60	1,78	1,74	1,45	1,58	10^{-6}
	$10^{5.5}$	1,43	1,67	1,88	1,84	1,50	1,64	$10^{-6.5}$
	10^6	1,47	1,75	1,98	1,94	1,56	1,70	10^{-7}
	Dis	0	0,04	0,12	0,10	0,04	0	
	SX	0,05	0	0	0	0	0,10	
	SH	0,06	0,10	0,09	0,10	0,06	0,10	

(*) Están subrayados los coeficientes correspondientes al tipo 2.

Hemos tomado en la figura 11-1, $A = 10^{3.5}$. Para todas las cargas salvo para suelo y permanente los valores leídos en la figura están en la fila $A=10^4$. Para suelo y permanente en la fila $10^{3.5}$. Esto tiene en cuenta un pequeño interés del dinero. Para la variación con A se usó 11-2-2 (tácito $1 + B \cdot \log_{10} A$)

Los valores bajos de A (pueden ser menores de $10^{2.5}$) sirven para los casos límites de utilización (deflexiones que impiden la utilización, fisuras).

Pero no basta con poner A pequeño. En efecto, al no destruir la estructura, muchos límites de utilización son admisibles en períodos pequeños (deflexiones y fisuras), y deben ser calculados con cargas - "normales". Por ejemplo ni la carga de uso de una grúa, ni la de nieve en un tejado son compatibles con un huracán (trabajos presentados en el C.I.B. en particular de ~~Orstov~~^{Orstov}, Streletsky, Bat, y proyecto C.E.C.M.). Dejamos pues por fijar los valores de coeficientes mayoradores para - los diversos límites de utilización, que dependerán del tipo de límite de utilización.

11-4) Aplicación de los estudios teóricos de superposición de cargas

Hemos de aplicar los resultados e hipótesis del capítulo 5 a una forma aplicable por un proyectista.

11-4-1) Hipótesis, objeto validez,

Las hipótesis son las que preceden, del capítulo 5 para cargas y su superposición, (la suma de leyes de valores extremos se supone una de valores extremos y se aplican los ábacos 5-6 ... 5-29)

El objeto es el del capítulo 3, sobre presentación de la - comprobación en forma de "coeficientes de ponderación". Esta idea, sostenida por el C.E.C.M. (Sfintesco, Laurin) está contrapuesta a la de Rüsch (~~que~~) que preconiza un coeficiente de seguridad único para todas las cargas y una probabilidad de definición de característica dife

rente para cada carga.

Se consideran errores en hipótesis según los capítulos 3-4-6.

Ferry Borges prepara resultados para este particular.

Y la validez es limitada por las imprevisiones de hipótesis, y la sencillez obligada de los resultados. De hecho hacemos una extrapolación de resultados de unos modelos matemáticos a la realidad.

Extendemos a varias cargas los resultados del capítulo 9, haciendo $\gamma_m = 1$, $\gamma_s = C_1$.

11-4-2) El método de coeficientes de ponderación.

Según las fórmulas 4.5, hemos de pasar de la relación 4-5-1) a la 4-5-2) a partir de lo que pasa en un elemento (capítulo 5), usando un criterio de optimización económica.

Vamos a hallar los resultados para reparto lineal y extrapolarlos para reparto no lineal.

11-4-2-1) Ejemplo.

Como ejemplo ~~de repartición~~ vamos a tomar el de la figura - (11,2) donde una viga EPC (no calculada), soporta el esfuerzo de viento horizontal y variable de 15 T, una carga de uso de 30 T, permanente de 20 y de nieve de 10, todas ellas características. Los esfuerzos son llevados al suelo por 3 barras articuladas, AC, CD, BA que tienen esfuerzos de tracción o de compresión únicamente. La estructura es isostática y los coeficientes de mayoración son los anteriores (^{cuadros} ~~capítulo~~ 11-3). Si sólo actuase una carga aislada, mayoraríamos su valor característico S_{ki} por el C_1 de la carga y obtendríamos el \bar{S}_1 de cálculo que nos daría esfuerzos de cálculo ($\text{Esf.}(\bar{S}_1)$) a comparar con esfuerzos resistentes de cálculo debidos a las cargas ($E_r \cdot (6 \text{ aq } \gamma_m)$ con $\gamma_m = 1$ en construcción metálica).

11-4-2-1) Los casos no lineales pueden llevarse al caso lineal

demostración Un elemento se dimensiona en vistas a la condición de ruina 4-5-3 ($Esf (S_i) < E_r (6g)$). Vamos a suponer la ley S_i lineal. Si no es lineal admitimos que los resultados son válidos para leyes no lineales. Puede haber dudas y procede tomar alguna precaución, cuando sean de mucha importancia los esfuerzos secundarios,

Hemos hecho consideraciones con ejemplos y hemos visto que estos esfuerzos secundarios no dan en general condiciones de ruina que invaliden los resultados de este capítulo. Mientras el conjunto de puntos definidos por $Esf (S_i) < 1$, $S_i < 0$ para todo i ^{en el espacio de las S_i} sea convexo, los resultados son válidos, y en general pesimistas, con respecto al caso lineal (~~figura 11.3~~). Tal es el caso de la viga biarticulada sometida a carga axil P , y lateral P uniforme (~~figura 11.3~~). La condición de ruina si la sección es uniforme es:

$$\sigma_a \leq \left[(E.I.P) / (W \cdot P) \right] \cdot [1 - \cos(VP/EI \cdot L/2)] /$$

$[(\cos(VP/EI \cdot L/2)) + P/A]$ en cálculo elástico (W = momento resistente, I momento de inercia ...), $\sigma_a \leq P/A + (p L^2 + P \cdot f) / 8.W$ en cálculo plástico, donde f es la flecha en rotura (c.f. cap. 10) - salvo que usemos mejores resultados experimentales. Ambas funciones $Esf.$ son convexas y la segunda más representativa, es lineal.

Las demostraciones rigurosas cuando el sólido indicado es convexo serían complicadísimas (integrales múltiples) - las anteriores son sólo aproximaciones.

11-4-2-3) Bases del cálculo. Superficie representativa.

Por tanto razonaremos sobre leyes lineales 4-5-3).

$\sum \sigma_{ij} \cdot S_i \geq E_r(6g)$ limitándonos por ahora a un material (acero 6a), ~~que~~ equivale también a considerar varios materiales unidos fragilmente en un elemento, como el hormigón y el acero a flexión que aproximadamente deben resistir por separado. Reemplazando $E_r(\sigma_g)$ por $E_r(\sigma_a, \sigma_s, \dots)$ podríamos afinar más, por contribución simultánea de ambos materiales, reduciendo coeficientes γ_n .

La ley aleatoria 4-5-1) será:

$$EH \left(\sum_i a_{ij} S_i \right) \geq Er (6_g).$$

Vamos a hacer representaciones en un espacio de tantas dimensiones $(1, 2, \dots, i, \dots, n)$ como casos distintos de carga haya.

Las distintas acciones tendrán distintas influencias sobre un mismo elemento. En el ejemplo de la figura 11.2 las influencias sobre las 3 barras son distintas. Los tantos por ciento de cargas son variables en cada elemento y los representamos en la figura 3.4 como rectas saliendo del origen. Los cosenos directores i de las rectas para el elemento j son proporcionales a las influencias de las características, $a_{ij} S_{ik}$.

Según las consideraciones aproximadas del capítulo 5, la variable $\sum_i a_{ij} S_i$ es una nueva ley de valores extremos cuya característica (definida en el capítulo 3) es menor que la suma de las características en todo caso. Sea S_k la característica, Dis la dispersión.

El factor que nos va a dar una reducción más importante es el de que los máximos de las distintas cargas no coinciden en el tiempo si son aleatorias. Con las hipótesis y ábacos del capítulo 5 hallamos la característica resultante S_k y la dispersión Dis .

Para una carga aislada tenemos ya unos coeficientes C_i (Ver capítulo 11.3 y fig. 11-1). A partir de esto podemos hallar el C_g correspondiente a la dispersión Dis y la carga de cálculo $C_g S_k$. Vamos a buscar una representación gráfica, para indicar el resultado de la optimización económica.

En un elemento j dado actúan valores de $a_{ij} \cdot S_{ik}$ dados por el cálculo. El punto N_j de coordenadas $(\frac{a_{1j} S_{1k}}{Er (...)}, \frac{a_{2j} S_{2k}}{Er (...)}, \dots$

$\frac{a_{nj} S_{nk}}{Er (...)})$ está en la recta pasando por el origen descrita antes.

A la carga $(\sum_i a_{ij} S_i)$ le corresponde una carga de cálculo por unidad de resistencia $\frac{S_k C_s}{Er (...)} = C_{uj}$.

Si C_{uj} es inferior a 1 el elemento resiste. Si C_{uj} es igual a 1, el elemento

tiene dimensionamiento óptimo, y sea entonces M_j la posición de $N_j.M_j$ se encuentra hallando, para una recta OM dada, la dispersión y forma de $\sum a_{ij} S_i/E_r (...)$, su valor de cálculo unitario C_{uj} en función de un parámetro proporcional cualquiera, que puede ser el segmento ON_j , y el valor de ese parámetro que hace $C_{uj} = 1$, que nos fija N_j en M_j .

Por ejemplo, con viento y nieve en superposición anual, tomamos varias combinaciones de modas. Calculamos para cada combinación, que nos da un punto en la figura 11-4, las dos características (característica = moda $(1 + 2,32 \times \text{dispersión})$). Con modas y SQ (nieve dis = 0,09, SQ = 0,10, viento dis = 0,13, SQ = 0,13 ~~por los ábacos 5-37~~), ~~200~~ entramos en los ábacos 5-5 a 5-14 y calculamos moda y SQ resultante, y a continuación característica S_k . En la tabla 11-1 hallamos coeficiente C_s . Si queremos un valor proporcional de las características (S_{vk}/E o S_{nk}/E) para tener el punto M de dimensionamiento óptimo, con $E_r (...)$ = 1, calculamos ~~$S_k C_s = E$~~ $S_k C_s = E$. Dividimos a continuación S_{kv} o S_{kn} (la mayor) por E. *Observamos que entonces $S_k.C_s/E = 1$.*

Tomando S_{vk}/E o S_{nk}/E en abscisa u ordenada, y la recta - $S_{vk}/S_n = \text{cte.}$ correspondiente a las modas iniciales, obtenemos el punto M_j correspondiente. Uniendo puntos obtenemos una curva de dimensionamiento óptimo. En los ejes i, el OM = $1/C_i$.

(*) $C_{uj} = C_s.S_k/E_r(...)$

(**) Se puede pasar de dis a SQ con los ábacos 5-37.

Moda del viento	Moda de la nieve	Número del punto en figura 11-4	Característica del viento correspondiente a la moda y $SQ = 0,13$	Característica de la nieve correspondiente a la moda y $SQ = 0,10$	Moda en tablas 5-5 a 5-14 correspondiente a las modas	S Q según tablas 5-5 a 5-14	C _s según tabla 11-1	Característica mayor/carga de cálculo	Carga de cálculo
100	100	1	130,16	123,2	183,31	0,078	1,49	0,404	322
100	75	2	130,16	92,4	181,14	0,084	1,51	0,447	290
100	50	3	130,16	61,6	140,21	0,033	1,52	0,503	259
100	25	4	130,16	30,8	119,56	0,11	1,56	0,556	234
100	10	5	130,16	12,32	107,75	0,12	1,585	0,596	218
75	100	6	97,62	123,2	160,10	0,076	1,49	0,451	273
50	100	7	65,08	123,2	138,22	0,077	1,495	0,506	243
25	100	8	32,54	123,2	117,97	0,086	1,515	0,575	214
10	100	9	13,016	123,2	106,99	0,093	1,525	0,621	198
100	0	10	130,16	0	100	0,130	1,61	0,621	209
0	100	11	0	123,2	100	0,100	1,54	0,649	190

Hicimos estos cálculos a SH constante, ~~y con diagrama del~~
~~elemento 0,13 (en otros casos 0,12).~~

Observemos que la curva de dimensionamiento óptimo se representa bien por dos rectas $(1,03 S_n + 1,60 S_{vk} = 1$ y $1,55 S_{nk} + 1,00 S_{vk} = 1)$, que dan un polígono dentro de la curva (Figura 11-4).

Para dimensionar se puede utilizar este polígono, lo que es fácil, pues hasta comprobar con las dos mayoraciones indicadas por $1,03 S_{nk} + 1,60 S_{vk}$ y $1,55 S_{nk} + 1,00 S_{vk}$. Si el elemento es crítico, con este método, es crítico, para una de las dos relaciones, por ejemplo para la primera. Entonces $a_{vj} S_{vk} \times 1,60 + 1,03 a_{nj} S_{nk} = E_r (...)$ es decir el elemento tiene un punto en el segmento PQ.

La superficie convexa O P Q R será dicha de dimensionamiento. El O P R es la de dimensionamiento con la mayoración $1,55 S_n + 1,60 S_v$.

El triángulo PQR representa los puntos permisibles afinando sin tener menos seguridad de la óptima. PQ R es el polígono de dimensionamiento.

Extendemos el resultado (mayoraciones con coeficientes de ponderación) a repartos no lineales. Con las teorías precedentes podemos definir la superficie convexa (en más de 3 dimensiones si hace falta) que llamaremos de dimensionamiento. Para simplificar conviene reemplazarla por planos que delimiten un sólido dentro del precedente pero próximo. El sólido representará la comprobación. El plano $1,58 S_v + 1,55 S_n + 1,45 S_s = 1$ representa el sumar las cargas de cálculo en la comprobación (figura 3-3).

Estimemos pues el sólido de dimensionamiento, si es posible limitándole aproximadamente por planos.

11-4-2-4) Resultados del ejemplo (figuras 3-3, 11-2).

En la figura 3-3 se comprueba con las cargas mayoradas por (calculados en los párrafos siguientes del capítulo 11), añadiendo una

carga térmica, (Según fórmulas de 11,4,3,2).

$$1,33 S_{pa} + 1,21 S_{sk} + 1,58 S_{vk} + 1,03 S_{nk}$$

$$1,33 S_{pk} + 1,45 S_{sk} + 1,00 S_{vk} + 1,03 S_{nk}$$

$$1,33 S_{pk} + 1,21 S_{sk} + 1,00 S_{vk} + 1,55 S_{nk}$$

Para distintos elementos (AC, D, AB en tracción o compresión) se usan distintas fórmulas.

El cálculo con estas mayoraciones puede hacerse con reparto no lineal (esfuerzos secundarios) y admitimos la validez de los resultados.

A veces convendrá usar la ley más sencilla:

$$1,33 S_{pk} + 1,45 S_{sk} + 1,58 S_{vk} + 1,55 S_{nk}$$

En la figura 3-3 (puntos 1-2) y en el cuadro de la figura 11-2 se puede ver que a costa de un mayor trabajo podemos abonar un - 10% de material sin salirnos del óptimo económico.

Las S_{sk} , S_{vk} y S_{nk} pueden ser nulas, la S_{vk} cambiar de signo y la $1,33 S_{pk}$ se reemplaza por S_{pk} cuando es favorable (ejemplo de la figura 11-2 con tablas).

11-4-3) Superposición para cargas aleatorias.

La principal reducción en una suma de cargas será debida a que los máximos de cargas de tipo diverso (viento, nieve, uso...) no coinciden.

Las superposiciones reducidas de cargas de uso (puentes, varios pisos en viviendas) deben de ser hechos por organismos competentes. Hay estudios de la reducción de la nieve con el viento que la barre (Ostánov en Rusia para inviernos muy largos) y con la carga de uso que se limita necesariamente si hay un huracán (en ~~g~~las y no en vivien

das), presentadas en el C.I.B.

Limitándonos a tipos muy diversos cuyos máximos coinciden en 1 año (desfavorable) podemos con los ábacos 5-5 a 5-24 y el 11-1 estudiar las curvas de dimensionamiento del tipo 3-~~5~~.

11-4-3-1) Ejemplo de una curva de dimensionamiento.

Se superponen con los ábacos nieve (dispersión 0,10) y viento (0,13), hallando la característica resultante, la S_Q resultante, ábacos 5-5 a 5-24, el coeficiente en la tabla 11-1, y la característica mayor/carga de cálculo igual a la S_{ki}/E_r (....) correspondiente, que sirve para situar el punto en una curva de dimensionamiento tridimensional (figura 11-4).

La curva teórica se puede reemplazar por las dos formas lineales de la figura.

11-4-3-2) Forma cómoda de representación de suma de cargas aleatorias (*).

Obtenida con exactitud buena para dos cargas y extendida a más para ganar sencillez, estando muy poco del lado de la seguridad es, como síntesis de muchos cálculos en máquina programable de mesa:

- Dadas las cargas aleatorias de valores de cálculo $(S_{ki} C_i - \bar{S}_i) S_1, S_2 \dots$ y dispersiones D_1, D_2, \dots (sólo de la ley de valores extremos) se puede hacer la comprobación sin estar por debajo del óptimo económico poniéndolas en los órdenes posibles S_{11}, S_{12}, \dots y comprobando con las diversas mayoraciones,

$$\bar{S}_{11} + \bar{S}_{12} / (1 + a_1 \cdot D_2) + \bar{S}_{13} / (1 + a_2 \cdot D_3) +$$

tomadas como cargas de cálculo, en las que puede haber varias nulas.

(*) Observemos que basta dar los coeficientes de las rectas del polígono de dimensionamiento para comprobar, sin necesidad de saber nada sobre teorías probabilistas.

Calculamos las $a_1=a_2=a$ será 5 a partir de figuras del tipo de 11-4, para la superposición anual; 10 para superposición mensual, 14 en una semana, 20 en un día (la primera cifra es muy precisa, la última se hace dudosa), para $A=10^4$.

Para $A=10^{2,5}$ las reducciones son excesivas y tomaremos - 4, 9, 12, 17. Para $A=10^{5,5}$ son pequeñas y tomaremos 6, 12, 17, 26.

A los términos $(1 + a \vartheta_i)^{-1} = r_i$ los llamaremos coeficientes reductores de la carga i para un tipo de construcción (A fijado) dado y para construcción metálica con nuestras hipótesis.

Para $A=10^4$ los resultados están en 11-4-2-4).

11-4-3-3) Mismas consideraciones para suma de leyes normales:

No cabe decir que las cargas aumentan con el tiempo (miden incertidumbres al proyectar), y el resultado vale para log-normales y para leyes de valores extremos que se superponen en la vida de la estructura. Basta hacer en el párrafo anterior el primero $a_1=0,8$, - $a_2=a_3=...=1$ los siguientes. Las S_i serán menores del 20%.

Como las reducciones son pequeñas, se pueden despreciar para sencillez. Sumamos la carga permanente a las demás.

11-4-4) La carga permanente negativa.

Interesa en dos casos:

11-4-4-1) La suma es positiva y ha de ser resistida por un elemento.

Si la suma de comprobación es muy pequeña hay que cuidar los cambios de signo que pueden tener consecuencias catastróficas (viento bajo lámina).

Si la dispersión es pequeña (5%) unos cálculos elementales (los no elementales, que intentamos con un programa de Carpena, son complicadísimos) muestran que hay que reducir la carga permanente, que-

dando cargas aleatorias, valores de cálculo.

$$- S_{pk} \cdot C_p / f_p$$

El r_{μ} es menor de 1,33 en general, incluso con la S_{pk} característica superior.

La práctica de hacer $r_{\mu} = C_p$ es pues aceptable, quedando - coeficiente unidad.

11-4-4-2) La suma es negativa, y hay colapso si es positiva.

Es el caso del vuelco, en que si (momento aleatorio \geq momento permanente), vuelca la estructura. Se parece a la ley $S \geq R$ en la que se obtienen los C_1 con la característica menor de R. Por tanto se debe tomar la característica menor de las permanentes. Es la mayor multiplicada por 1 - 4,5 con nuestras hipótesis. Si la suma de permanentes es muy grande (vuelco global), la dispersión puede ser pequeña.

En este caso es difícil definir A, pues si bien la estabilidad costará dinero, no es fácil de estimar aquí cuanto. Se puede pedir una probabilidad de ruina fijada durante la vida de la estructura.

La idea de tomar la característica con 95% de probabilidad de ser sobrepasada parece buena. *Ver 12.8 y ref. 83.*

11-4-5) Presentación para colapso.

Para A = 4, construcción normal, quedarían los coeficientes mayoradores en la forma, aplicada al ejemplo de la figura 11-2):
(la carga del suelo se suma como la permanente).

Coefficientes mayoradores

		Uso	Viento	Permanente	Nieve	Térmica
Comprobación sencilla		1,45	1,58	1,330-1	1,03	1,12
Comprobaciones afinadas	1	1,45	1,00	1,330-1	1,03	4,12
	2	1,21	1,58	1,330-1	1,03	1,12
	3	1,21	1,00	1,330-1	1,55	1,12
	4	1,21	1,00	1,330-1	1,03	1,35
				según sea favorable o no		

Las dispersiones son las de 11-3-2.

La carga sísmica requeriría un estudio aparte. Su definición puede ser muy probabilista, y su coeficiente reductor γ_i muy grande. - Más todavía que con las otras cargas podríamos decir que se superpone a parte de la de uso, y térmica y a muy pequeña parte de las de nieve, viento, ... Suelen darse valores fuertes en cuanto a probabilidad, comprobaciones exigentes (pues en carga tan extraordinaria se pueden tolerar ciertos daños) y coeficientes unidad.

No saldrán necesariamente los mismos γ_s para hormigón.

Las mayoraciones en límite de utilización dependen de ese límite. Puede tomarse A muy pequeño.

11-4-6) Otras presentaciones,

Pueden hacerse con otras teorías y mejores medidas, pero será útil comparar los sólidos de dimensionamiento (Fig.2, 1, a 3, ~~4~~). Si son similares, las comprobaciones conducen a estructuras casi iguales. El método 3.1 es variable por comparación con el 3, ~~4~~ con algún defecto ~~de ajuste~~ y ventaja por tener 7 comprobaciones en vez de 12, por tener - que comprobar con parte de cargas nulas en el método 3. ~~4~~.

12.- Aplicación al hormigón

12.1.- Breve comentario sobre excentricidades.

De hecho no se comprueba un elemento según una única condición ($Esf(S)$ comparado a $Er(R)$). El modo de carga de un elemento es complicado. En hormigón armado la excentricidad es variable a flexión simple, puede haber dos excentricidades (flexión esviada) y torsión. Paloheimo y otros (ref. 77) dan unos diagramas en función de varios parámetros. De hecho no se conoce exactamente la excentricidad y solo se hace un número finito de comprobaciones; los errores que introducimos se incluyen como errores de hipótesis EH. La figura 12.1 ilustra un poco lo que se hace.

EH sería pues el cociente (notación del capítulo 4.5):

$$EH = \frac{\text{menor}(Er'(R')/Esf'(S')) \text{ en las excentricidades comprobadas}}{\text{menor } Er(R)/Esf(S) \text{ en cualquier excentricidad}}$$

La expresión superior incluye funciones Er' y Esf' y distribuciones de R' y S' supuestas, la inferior las reales.

12.2.- La resistencia función de la de sus elementos

Es muy complicado decir que el hormigón varía de resistencia a lo largo de un elemento, y esta variación será menor que la dispersión del hormigón por estar hormigonado el elemento con pocas amasadas del mismo día en general: estas amasadas tienen resistencias dependientes las unas de las otras, mientras que suponemos que las resistencias de diversos elementos son independientes para hacer cálculos económicos. Por ello la referencia 77 (y otras) considera una única resistencia de hormigón y otra de acero en un elemento, aleatorias ambas y entrando en $Er(6g)$ que pondremos $Er(6a, 6b)$. Esta función Er se puede estudiar para varios modos de acción de cargas (las excentricidades de la figura 12.1).

La dispersión de $Er(6a, 6b)$ se puede estimar a partir de las de 6a, 6b. Varía la función desde una suma (compresión simple), a la resistencia del hierro únicamente (tracción pura).

Suponemos pues que los coeficientes minoradores vienen dados por los casos extremos de $Er(6a) = K.6a$ (el acero resiste sólo) o de $Er(6b) = K.6b$, lo que se demuestra que es más pesimista (pero sin error ~~importante~~ ~~mayor al 10%~~) que considerar $Er(6a, 6b)$.

Por tanto suponemos unos errores de hipótesis para el acero y calculamos sus coeficientes de seguridad, y análogamente para el hormigón con los mismos errores de hipótesis.

Con el programa P.12.1 hemos hecho los cálculos para $A=10^{4,5}$, $10^{3,5}$, $10^{5,5}$, de coeficientes de seguridad con las hipótesis C.E.B. y debajo C.E.C.M..

SQ = dispersión ley de valores extremos de cargas.

SH = dispersión errores en hipótesis.

SX = dispersión cargas log-normales (o bien SQ, o bien SX nulo).

En cada cuadro compacto de 15 números, para cada resistencia de material salen los coeficientes según el C.E.B. (= Coeficiente entre valores centrales $(1 - 1,64 \times \text{dispersión resistencias}) / ((1+2,32 \times SQ) \times (1 + 1,64 \times SX))$).

El coeficiente entre valores centrales se calcula haciendo:

$$SR = \sqrt{(\text{dispersión material})^2 + SH^2 + SX^2}$$

e interpolando las tablas P.8.2, hallando la media de las columnas 3 y 4, para $V = 0$.

Después se hizo para las columnas 2 y 3 y las 4 y 5 para otros valores de A.

Para V mayor que 0 (peso propio importante procede disminuir el coeficiente de seguridad en un 5%).

Los resultados de los cálculos muestran ciertas regularidades que se utilizan en las figuras 11.1, 12.2, 12.3, 12.4, 12.5, 12.6. (*)

Las cargas permanentes tienen errores de hipótesis menores y deben tener un coeficiente A mayor (multiplicar por $\sqrt{10}$) para tener en cuenta que el interés del dinero no las afecta.

Como primera aproximación suponemos que se anulan estos efectos junto con el de que se suele tomar un valor medio y no característico de las cargas permanentes.

12.3.- Resultados de cálculos anteriores.

Están en las figuras 12.2. a 12.5. inclusive. El resultado más importante es que, debido a usar resistencias características, no es muy diferente el coeficiente total ($\gamma_m \cdot \gamma_s$) para hormigón y para acero, un 10% como promedio en cargas permanentes.

Sin embargo las irregularidades en el hormigón a lo largo de la estructura suelen ser mayores que las del acero, y (según Ferry Borges Castanheta, ref.8) disminuyen la resistencia final en piezas hiperestáticas.

El factor principal que hace poner mayores coeficientes γ_s al hormigón es la menor confianza en que se respete la resistencia característica de éste, especialmente en ejecución en obra. El C.E.B. preconiza $\gamma_s = 1,4$ en fábrica, 1,5 en obra, 1,7 en obra poco vigilada.

Otro factor importante es que defectos locales de hormigón pueden tener influencia (en anclajes, corrosión), pudiendo variar las resistencias a lo largo de una pieza más que las del acero.

Los cálculos probabilistas usan resistencias características en obra.

La comprobación de éstas suele hacerse a posteriori (a los 28 días por ejemplo) debiendo ser preparadas las probetas con antelación. Por ello los problemas de control de calidad son delicados, para garantizar la seguridad (Rüsch-Racvitz, ref. 78), o para establecer las normas de control de calidad (López Sáiz, ref. 79), y en particular para decir cuando hay que penalizar, o hacer destruir y rehacer una estructura.

El estudio de estas cuestiones se saldría del objeto del presente trabajo. Conduciría a precisar los ensayos de calidad del hormigón y - el γ_m de éste, que ya vimos en el capítulo 10 que podía ser algo más que para construcción metálica teniendo en cuenta las tensiones secundarias y la distinta definición de resistencia característica.

El 1.15 del C.E.B. va bien para γ_m .

12.4.- Algunos resultados concretos

Pese a lo dicho en el párrafo anterior, por provenir los coeficientes para hormigón de tablas (P.8.2) análogas a las de construcción metálica, se conservan varios resultados del capítulo 11. En particular los de:

- 11.2.1.; 11.2.2.
- supuestos 11.3.1.; 11.3.2.
- Consideración 11.3.3.
- Naturalmente no se conserva el cuadro 11.3.4. Los errores en hipótesis son mayores y el hormigón ^{puede tener} una resistencia característica menor que la del proyecto. ^{esto aumentando} Se puede tener en cuenta ~~como mayores errores de hipótesis. por defectos de ejecución.~~
- El principio del método de coeficientes de ponderación y de los sólidos de representación, y el principio de presentación de reducciones para superposición de cargas aleatorias, no sus valores (11.4.2., 11.4.3.).

- Los resultados sobre carga permanente positiva, en primera aproximación.

12.5.- Las diferencias con la construcción metálica son:

12.5.1.- Los γ_s no serán los mismos si se afina.

Por ser mayores los errores de hipótesis, un vistazo a los ábacos (11.1, 12.2 a 12.6) nos dice que las diversas cargas deben tener coeficientes de seguridad muy parecidos (lo que sostienen los especialistas de hormigón, como Rüsch, Ferry Borges,...). El inconveniente es que los coeficientes totales de hormigón no serán proporcionales a los de acero para diversas cargas, y por tanto no se podrán poner los mismos γ s para hormigón y construcción metálica, variando sólo γ_m .

También variarían más estos coeficientes para diversas cargas para armaduras y para la masa de hormigón, siendo impensable el poner γ_s distintos. Pequeñas variaciones de γ_s , para diversas cargas son indicadas, sobre todo si suponemos menores errores de hipótesis en cargas permanentes.

Esto es debido a que las mayores incertidumbres de la estructura atienden las incertidumbres de diversas cargas, en el hormigón mucho más que en construcción metálica. Estas conclusiones ciertas con leyes de valores extremos de tipo I, deben ~~tener algún fundamento~~ serlo también para otras leyes.

12.5.2.- Reducción en la suma de cargas

Si volvemos a empezar los cálculos de 11.4.2.3., vemos que, al variar menos C_s , para hormigón que para acero, la reducción en la suma de cargas es menor.

Así, en 11.4.3.2. quedaría $a_1 = 4$ en vez de $a_1 = 5$ para un año y $A = 10^{3.5}$, con reducciones similares para otros valores de A y del tiempo de superposición.

12.6.- Un ejemplo de coeficientes

Con la hipótesis, un poco pedestre, de $SH = 0,15$ para el hormigón y de $\gamma_m = 1,15$ para el acero, queda:

Estructura	γ_s						
	ma	mb	Viento	Nieve	Uso	Permanente suelo	
1 provisional $A = 10^{2,5}$ $a=3$	1,15	1,4	1,35	1,35	1,35	1,35	1 comprobación
	1,15	1,4	1,35	1,02	1,2	1,35	3 comprobaciones
	1,15	1,4	1	1,35	1,2	1,35	
	1,15	1,4	1	1,02	1,35	1,35	
2 normal $A = 10^{3,5}$ $a=4$	1,15	1,4	1,55	1,52	1,5	1,5	1 comprobación
	1,15	1,4	1,55	1,08	1,3	1,5	3 comprobaciones
	1,15	1,4	1,02	1,52	1,3	1,5	
	1,15	1,4	1,02	1,08	1,5	1,5	
3 $A = 10^{4,5}$ graves consecuencias de ruina $a = 5$	1,15	1,4	1,75	1,7	1,65	1,6	1 comprobación
	1,15	1,4	1,75	1,13	1,35	1,6	3 comprobaciones
	1,15	1,4	1,07	1,7	1,35	1,6	
	1,15	1,4	1,07	1,13	1,65	1,6	

donde hemos procurado separar en producto de $\gamma_m \cdot \gamma_s$ aumentando un poco la seguridad del hormigón. Este tiene pues una seguridad muy alta. Estos resultados están "calibrados" con los de las Recomendaciones del C.E.B.. El sólido de comprobación de los γ_s para $A = 10^{4,5}$ se parecería al 3.4. Está en la figura 12.7. En la 12.8 está el del ACI (Reglas de 1,963 ref. 80).

12.7.- Estructuras mixtas

Pueden considerarse como el hormigón con más o menos errores en hipótesis. Probablemente los perfiles metálicos tengan una definición de resistencia característica que sea distinta de la del acero de armaduras (γ_m será 1/1,08 menor con la definición del C.E.C.M. que con la del C.E.B.)

12.8.- Cargas negativas (según nota de 11-4-4-2-)

La carga permanente estabilizante S_{pk} no se mayorará si las otras cargas tienen una característica S_{ik} notablemente mayor. Si S_{ik} y S_{pk} son del mismo orden, esto es inseguro. De la relación de ruina $S_i \geq S_p + R$, con el primer miembro de ciertas leyes aleatorias, el segundo normal, sale -igual que de $S_i > R$ vale $\gamma_s \cdot S_i \leq R/\gamma_m$ para comprobar- $S_{ik} \gamma_s - \underset{\text{inferior}}{S_{pk}} / \gamma_m \leq R_k / \gamma_m$. Para los va

rios materiales del hormigón tomamos el γ_m del acero, pues el del hormigón no es mayor ~~más que por los defectos del control de material~~ (12.3). Se debe ~~minorar~~ S_{pk} por $(1/\gamma_m)$ $(1/(1 + 3,3 \times \text{dispersión de } S_p))$, o sea por 1,4. Cálculos más precisos, usando sólidos de dimensionamiento, son menos pesimistas: la nueva expresión es $(1/\gamma_m) \cdot (1/(1 + 2,2 \times \text{dispersión de } S_p))$.

Un ejemplo de catástrofe por mayorar S_p estabilizante en vez de minorarlo, es el de las 3 torres de refrigeración de Ferrybridge, England, de más de 100 m de alto, bajo un viento de período medio de retorno de 3 a 5 años. Intervinieron también otras causas.

13.- Resultados del Simposio de Londres comparados con los nuestros

Nuestros resultados valen si no tienen errores y si pueden integrarse en la Técnica actual. Por ello los comparamos con los del Congreso de Londres, que recibimos a principios de año. Exponemos algunos resultados de interés del Congreso de Londres.

13.1.- Tema 2. El concepto de seguridad, su análisis y sus referencias con la idea de probabilidad

Presenta el tema el Dr. Rowe, cuyas ideas y notación europeas son las que hemos seguido (capítulo 3). Los riesgos ordinarios según Freudenthal son de 10^{-4} a 10^{-6} para puentes de acero de autopistas o torres aéreas y de 10^{-3} a 10^{-5} para estructuras de hormigón. Cita vidas de estructura propuestas por Pugsley (el pionero inglés en el tema): 200-500 años para edificios monumentales¹²; 75-100 años para bloques de pisos (permanentes), 25-50 años para edificios industriales (temporales).

Gerard F. Fox (U.S.A.) también presenta el tema con "Conceptos de Seguridad, con particular énfasis en el acero", de orientación similar a la europea. Distingue entre método de Estado Límite (con γ_m y γ_s parciales), y método del Factor de cargas (análogo, con $\gamma_m=1$), considerándolos análogos en resultados y preferible el primero para diferenciar efectos de incertidumbres entre γ_m y γ_s , a fin de que los diversos materiales puedan tener mismas γ_s (lo que nos parece posible, pero sólo como aproximación, y con γ_m pequeño, (capítulo 9)).

En discusión preparada Rodin y Chanon (Inglaterra), se preocupan del interés en el coste y sobre todo de los problemas de las casas de paneles, para los que preconizan mejoras constructivas.

Consideran para ello riesgos de explosiones, fuego, impacto, además de los riesgos de cargas excesivas. Aconsejan en ciertos casos hacer difícil el sabotaje.

Ang introduce su sistema de un coeficiente V arbitrario teniendo en cuenta errores en hipótesis además de los que tienen en cuenta errores en las distribuciones de cálculo. Da una teoría completa, sobre la seguridad pero nos parece que la probabilidad de ruina que hace intervenir, de que el coeficiente de seguridad real sea menor que V , es mucho menos representativa de la seguridad que la probabilidad de ruina en la vida de la estructura.

Ligtenberg (Holanda) señala las ventajas de estructuras hiperestáticas que vienen a reducir las dispersiones de resistencias. Una estadísticas holandesas citan 1.500 fuegos peligrosos, 200 explosiones y 100 colisiones que dañaron estructuras, contra 200 casos por viento, 50 por defectos de material o diseño, 20 de cálculo en un año. Según el 3% de las casas serán dañadas durante su vida ^{en Holanda}. Preco- niza tomar precauciones contra fuego y "violencia".

Ravindra, Heaney, Lipd de Canadá exponen una nutrida teoría, en la que la seguridad es indicada por el índice β ($\beta = (\text{media de resistencias} - \text{media de cargas}) / \text{desviación típica de } (R - S)$). No diferencia cargas aleatorias de inciertas. Distingue diversos tipos de errores en resistencias, que serían suma de variables normales. Conducirían según él a una presentación multiplicativa de los coeficientes de seguridad, que calibra para algunos casos. Creemos que el dividir coeficientes de seguridad en producto de otros - $\gamma_m = \gamma_{m1} \cdot \gamma_{m2}$, etc...) es válida si todos los γ parciales son parecidos (Ver tema IV, Cornell) y las incertidumbres son representables por leyes normales. No habla de cargas características y los valores que da parecen adecuados, aunque es raro que se den malas fabricaciones de acero. Sus coeficientes γ_m nos parecen fuertes frente a los γ_s .

muy débiles, lo que es un inconveniente a la hora de tener en cuenta el pandeo.

Masanohu Shinozuka (U.S.A.) hace un estudio del ensayo de cargas, optimizando por la carga de prueba el coste de la misma (incluido probabilidad de daños en ellas) más el de daños futuros.

Da teoría general y resultados un poco bajos en cuanto al valor de la carga de prueba. El principio nos parece interesante, pero nos parece que los resultados pueden ser completados en el futuro considerando el costo de la prueba y el efecto psicológico que ejerce sobre el constructor, conducente a mejorar la calidad.

Max Herzog (Suiza) propone unos coeficientes parciales multiplicativos, que parecen adecuados. Sin embargo se ve que no se debe abusar de la multiplicación de coeficientes parciales para indicar función de varios factores: el resultado en este artículo varía de 1,2 a 6,5, o sea es excesivo en las peores combinaciones.

M. Laurin (Francia) indica en discusión libre las hipótesis del C.E.C.M. ($\gamma_m = 1$; resistencia característica = media -2 desviaciones típicas). El primer valor da seguridad frente al pandeo. El segundo penaliza la mala fabricación. Por un error nuestro, en nuestra discusión, pág. 80, párrafo 8 aparece 10 en vez de 1/10 como valor de probabilidad de ruina en la vida de la estructura x coste de ruina/coste del elemento), en el óptimo y para un elemento dado.

Milík Tichý (Praga) indica sus estudios sobre elementos con varias cargas al estilo de Palcheimo.

C. Manuzio indica el método probabilista completo desarrollado para el C.I.G.R.E., líneas aéreas.

R.E. Rowe cierra el tema. Entre sus observaciones, resal

(*) Final report, ref 8.

tamos sus dudas sobre $\gamma_m = 1$ de Lorin. Es partidario del método "del estado límite" y de coeficientes parciales (cf. nuestro capítulo 3).

13.2) Tema 3. El tema 3 (Cargas y otras fuerzas actuantes; datos estadísticos; probabilidad de combinaciones desfavorables de fuerzas).

Hay 3 presentadores del tema.

El primero, Newberry, trata de los efectos del viento. Expone el desarrollo de la experimentación para tener en cuenta el incremento de velocidad con la altura, rugosidad del suelo y las influencias estáticas y dinámicas de las turbulencias.

Las cargas reales son mayores que las medias, y se va a determinar el espectro hasta 10 Herzios.

Despeyroux (Francia) expone una iniciación muy completa sobre los seismos. (Origen, respuesta de la estructura, combinación con otras cargas, protección parasísmica).

Mitchell (Inglaterra) expone los problemas de Carga en Edificios, de varios tipos, carga uniforme equivalente (E.U.D.L.). Sobre todo contiene información estadística real, en particular tratada por el autor en una campaña muy importante de medidas realizada por él y su equipo en Inglaterra (3 años de trabajo de siete personas). Como discusión Ang y Amin exponen un estudio estadístico sobre las frecuencias y respuestas a las vibraciones de los terremotos, ha bida cuenta de la longitud de estos.

Tong, Shah, Benjamín (U.S.A.) tienen un método completo de obtener los coeficientes de ponderación (nuestros $C_{i\ell 1}$), considerando costes optimizados. Tiene el gran mérito de dar muchos resulta dos utilizables, que por cierto difieren de los nuestros en algunos

casos.

Creemos (de acuerdo con Ferry Borges) que los métodos de optimización conducen a unos coeficientes mayores en casos de leyes de valores extremos para las cargas que los correspondientes a leyes normales, en contra del capítulo II de Benjamín, y que en contra del capítulo III, los coeficientes óptimos (entre valores centrales) no son menores si aumenta la dispersión de resistencias, sino al contrario. No sigue la normalización del capítulo 3 nuestro: emplea cargas medias y no características, no emplea factores γ_s ni definición de carga característica (en U.S.A. no se ha adoptado todavía). No tiene en cuenta la coincidencia de máximos en la superposición de cargas, que es para lo que representa ahorro el usar los coeficientes de ponderación con varias fórmulas de comprobación.

Fumihito-Hito (Japón) hace un estudio de la fatiga en puentes y Negăitu-Iancău (Rumanía), de Aspectos estadísticos relativos a sobrecargas climáticas.

Dan, para velocidad del viento valor de ^{disposición} 19,5% en 50 años, 0,49 en un año (muy fuerte; tal vez por ser Rumanía) con ley de valores extremos de tipo I, que parece que va bien. Señala posibilidad de ciclos climáticos.

Aparte de otros, D. Sfintesco (Francia), explicó las dificultades del estudio de los efectos del viento, Panait Mazilu (Rumano) la influencia de deformaciones plásticas en seísmos. Cornell (U.S.A.) hizo observaciones sobre la toma de medidas, explicando dificultades de medir probabilidades de altas cargas, coincidencias de cargas de uso, superposición de cargas, cargas sísmicas.

13.3) El tema IV. "Materiales, carácter aleatorio de sus características, fué presentado por Rüsch para el hormigón, con datos con

cretos sobre los parámetros de las dispersiones de Gaun para resistencias a tracción, compresión, coeficiente de Young..., y por J. Lecle² para el acero, con una exposición de la influencia del lingote, control de calidad,... sobre el producto resultante.

En discusión preparada, P. Abeles (Inglaterra) explica la influencia de diversos defectos de ejecución en la fisuración del hormigón. L. Tall (U.S.A.) y A. Alpsten (Suecia) explican influencias varias sobre límites de elasticidad y tensiones residuales en el acero.

Baker (Inglaterra) expone resultados de análisis de acero, etc...

Rüsch cierra la discusión anunciando sus trabajos presentados en el C.I.B. en Madrid, sobre control de calidad (capítulo 2°).

Hay unos abundantes comentarios preparados en el tema IV (Previsión del comportamiento de estructuras).

1 3.4) tema 5 . J. Ferry Borges (Portugal) y Butler (U.S.A) exponen sus experiencias en ordenador para estudiar el comportamiento no lineal de estructuras.

Está orientado al hormigón, los cálculos son por un método de Montecarlo y muestra una reducción de resistencias por las irregularidades de diversas secciones, tomadas como elementos.

El mayor o menor reparto de momentos por ser las leyes no lineales hace que la resistencia del conjunto tenga una distribución intermedia entre la de un elemento y la del elemento más débil.

K. Steven Olt y Haresh Shah exponen un método para hallar probabilidades de ruina variando medias y dispersiones con leyes conocidas (estas variaciones las incluimos nosotros, sea en las leyes

de S_1 o de σ_{g1} " o sea en errores SH), por métodos numéricos.

En discusión libre entre otros Abeles (Londres) expone sus datos sobre probabilidad de ruina en fatiga; Rowe indica los factores que influyen en la seguridad de paneles; Cornell hace una observación filosófica sobre los métodos probabilistas, opinando que es aleatorio lo que no es rentable o factible conocer determinísticamente; el progreso se logra conociendo mejor determinísticamente.

Sfintesco (Francia) expone el muy importante estudio experimental del C.E.C.M. sobre cargas de pandeo en vigas industriales. Algunos resultados de este estudio están publicados en los "Informes de la Construcción" del Instituto Eduardo Torroja, y dan el resultado real de las cargas de pandeo, con ventaja económica sobre los resultados teóricos.

13.5) El tema VI es Métodos de elaboración de proyectos, teniendo en cuenta las consideraciones precedentes. Modelos matemáticos a escoger (elásticos, plásticos). Definición y elección de estados límites. Procedimiento de introducción de la seguridad.

Cornell hace una exposición breve y muy constructiva de cómo introducir las teorías probabilistas en normas. Explica la aproximación de primer orden en momentos, en la que se basa, teniendo en cuenta para todas las variables media y desviación típica. Es una hipótesis que permite cálculos sencillos a costa de dudas sobre el comportamiento asintótico.

Usa después el índice de seguridad β - (diferencia de medias/desviación típica de la diferencia de cargas menos resistencias). Está en la misma orientación que Benjamín. Expone fórmulas

para los coeficientes γ_m y γ_s (distinto para cargas permanentes y no permanentes). Por tanto la teoría es muy interesante, faltándole algunos matices importantes (expuestos por Cornell en otras partes) de la diferencia entre cargas inciertas y aleatorias, de superposición de cargas y de la influencia de leyes no lineales entre cargas y resistencias, y tendrá influencias en las normas futuras. No estamos de acuerdo en que gran parte de los errores de hipótesis deban ponerse en γ_m . (Ver capítulo 9 nuestro). Para ello basta dividir γ_m y multiplicar γ_s por un número convenido.

Con nuestra notación, las proposiciones de Cornell simplificadas son:

$$\gamma_s = \frac{(1 + 0,5 \cdot \beta \cdot V_E) (1 + \beta \cdot 0,5 V_T)}{1 + k_s V_T}$$

$$\gamma_m = (1 + \beta \cdot 0,5 V_O) \frac{(1 + \beta \cdot 0,5 V_m)}{(1 + k_R V_m)}$$

β = parámetro de riesgo (4 sería valor usual para probabilidad de ruina de 10^{-5})

V_T = Dispersión de cargas.

V_E = Dispersión errores en cargas.

V_m = Dispersión de resistencias.

V_O = Dispersión de errores en resistencias k_s y k_R son los parámetros que aparecen en la definición de características.

Los errores de hipótesis irán incluidos pues en V_O y V_E (no es tan fácil atribuir unos a cargas y otros a resistencias).

Para nuestras hipótesis de construcción metálica -

$k_R = 2.(1,64 \text{ para hormigón}), \text{ y } k_S \text{ entre } 1,64 \text{ y } 1,87.$

Resulta coeficiente entre valores centrales = $140,5 \cdot \beta$
(\sum (dispersiones de errores incluidas errores en hipótesis)).

Para errores de tipo incierto los resultados de estas fórmulas son muy parecidos a los nuestros. Son menores para errores de tipo "aleatorio" (que requerirían un $1,5 \cdot \beta \cdot V_T$ en vez de $0,5 \cdot \beta \cdot V_T$) como la presión del viento. En general, si las leyes aleatorias se apartan mucho de las normales hay diferencias.

La sensibilidad a errores de hipótesis es parecida a la nuestra, así como la sensibilidad (casi nula) para variaciones de V_m y V_T (incierto).

Habría que definir los β según el tipo de estructura y la cuantía de los daños en caso de ruina.

Salvo por los ~~datos que Cornell omite voluntariamente~~ ^{puntos que Cornell omite} ~~según sus publicaciones~~, estos resultados concuerdan con los nuestros, numéricamente.

Importante es la contribución de E. Paleheimo, (Finlandia), que propone posibles modos de carga distintos en un elemento (como distintas excentricidades en el hormigón, ver capítulo 12.1.) Usa hipótesis parecidas a las de Cornell, sin tener en cuenta errores de hipótesis separadamente.

M. Tichy (Checoslovaquia) usa λ = cantidad medida/cantidad real y la ley aleatoria de λ , como Páez - Torroja y como nosotros.

Indica causas de incertidumbres, pero la descomposición del coeficiente de seguridad en 12 factores parece ilusorio, sobre todo si se multiplican.

Kordina (Alemania) hace observaciones sobre la presentación en las normas: mismo o diferente coeficiente para cargas vivas y permanentes, para verificaciones axiles o momentos, observa cómo nosotros que si hay esfuerzos secundarios, no es lo mismo mayorar cargas que minorar resistencias.

Los comentarios de A. Flint (Inglaterra) cerrando el tema son interesantes. Indica que son las responsabilidades de constructor y del usuario las que condicionan la probabilidad de ruina, siendo útiles las teorías probabilistas para racionalizar los métodos de diseño. Indica que no hay sólo comprobaciones en ruina, por haberlas en servicio, de fisuración,...

13.6) El tema VII, presentado por Th. Karmán (Hungría), sobre sugerencias para recomendaciones prácticas, contó con una aportación de Julio Ferry Borges, pionero en el tema y miembro de múltiples asociaciones internacionales y de Mario Castanheta (Portugal), breve pero rica en resultados útiles y tablas.

Su primer apartado muestra las leyes normales o de valores extremos de tipo I y II empleados, y el coeficiente γ empleado. El segundo da factores de seguridad en función de probabilidades de ruina, siendo significativa la diferencia entre leyes normales y de valores extremos de tipo I para dispersiones moderadas de resistencia. En el tercero combina carga permanente y viva, siendo la reducción en suma de características, menor si los coeficientes son iguales para ambas cargas.

Da una teoría estadística para cargas sísmicas, en función de las magnitudes M (que supone seguir leyes de valores extremos de tipo I), y de las aceleraciones del terreno que siguen entonces una ley de valores extremos de tipo 2, de función de distribu-

ción $\exp(-ka)^{-B}$) durante la vida T de la estructura (k varía con el tiempo como $T^{1/B}$). β es del orden de 3. Para a máximo dado hay cierta probabilidad de tener cargas dadas, pues la respuesta es aleatoria. Con estos análisis más finos que los nuestros Ferry Borges llega también a la conclusión de que el tipo de distribución es importante para conocer probabilidades de ruina, y de que los coeficientes para cargas sísmicas deben ser mayores que los de las demás cargas si todas las definiciones son idénticas; afortunadamente la resistencia a efectos sísmicos está aumentada por efectos plásticos (Factor de ductilidad). Para cargas de viento no tropical recomienda leyes de valores extremos de tipo I y dispersiones de 0,10 para la velocidad, 0,2 para la presión, es decir más fuertes que los nuestros. Intervienen turbulencias y errores en hipótesis. El último párrafo anuncia un método de superposición de cargas basado en los mismos principios que el nuestro.

Las conclusiones son las nuestras (período medio de retorno de cargas características en 50 años = 1.000 años, reducción de coeficientes en superposición), salvo aquella en la que dice que se debe usar un mismo factor de seguridad para cargas permanentes y de uso, pues nos parece que a veces las de uso deben tener mayor coeficiente de seguridad.

Misteth, (Budapest) enuncia en las dos páginas racionadas, unos resultados numerosos. Tiene en cuenta la variación de cargas con el tiempo, y de resistencias (ignoramos si distinguiendo cargas permanentes y no permanentes por el modo de crecer con el tiempo). Con premisas probablemente distintas, prob. de ruina x coste de ruina/coste reposición $\# 1/50$. (A nosotros prob. ruina x coste ruina/coste elemento $\# 1/10$. nos sale).

Darlison y Chanon (Inglaterra) recuerdan problemas de responsabilidad y de concepción de la estructura.

Ivan Holand (Noruega) presenta la norma noruega de cargas para estructuras en estado límite.

Es un ejemplo de coeficientes de ponderación:

Estado límite de ruina:

	D	L	W	S	E
O	1,3	1,7	1,1	1,0	—
D + E	1,3	—	—	—	1,5
O + E	1,04	1,36	0,88	0,8	1,2

Estado límite de servicio:

	D	L	W	S	E
O	1	1	1	0,8	—
D + E	1	0	0	0	1,0
O + E	0,8	0,8	0,8	0,84	0,8

D = permanentes.

L = vivas.

W = presión del agua.

S = cargas de la tierra (mayorar cohesión y φ).

E = cargas excepcionales (viento, terremotos...).

Aunque llaman cargas excepcionales al viento, este reglamento es muy interesante.

Baker expresa sus dudas en teorías probabilistas por su

imprecisión, y sobre todo porque la seguridad depende del cuidado puesto en la obra. Sin embargo las faltas de ejecución graves no se arreglan con unos coeficientes de seguridad más altos que los probabilistas.

C.- Conclusiones

- 1º) La primera conclusión es que las teorías probabilistas dan elementos de juicio más que resultados exactos.
- 2º) Las ~~presentaciones~~ de principio que nos parecen más procedentes las pusimos en el capítulo 3:
 - Acuerdo con la notación de la I.S.O. del γ_m , γ_s y resistencias y cargas características, salvo en ciertas técnicas especiales (oleaje en puertos, viento en líneas aéreas...).
 - Una presentación en forma de coeficientes de ponderación según 3.3.1, que pueden ser comparadas entre sí mediante sólidos de comprobación (fig. 3.4.). Esta presentación permite, a costa de una mayor complejidad de cálculo, abaratar la estructura sin menoscabo de la seguridad teniendo en cuenta que no se superponen los máximos de diversas cargas.
- 3º) Unas estimaciones teóricas (cap. 5) permiten estimar esas reducciones, mucho más complicadas y particulares que los ábacos 5.5 a 5.34, más complicados a su vez que las fórmulas de 11.4.3.2. ampliadas en 12.5.1. para hormigón. Se hace uso de ciertos supuestos de teoría de procesos y se usan leyes log-normales y de valores extremos de tipo I (las de tipo II darían resultados más extremos pero su comportamiento asintótico tal vez sea truncado). Las fórmulas para reducir cargas de cálculo son bastante independientes de otras hipótesis y resultados.
- 4º) Una recopilación de errores en resistencias y errores en hipótesis se encuentra en el capítulo 6, tomados de estudios experimentales varios.

- 5º) Un cálculo de probabilidades de ruina, y de coeficientes de seguridad óptimo de los capítulos 7 y 8 da resultados que permiten resultados aproximados del capítulo 11. En particular en el óptimo: probabilidad de ruina x coste de la ruina/coste del elemento optimizado $\neq 1/10$.
- 6º) Los casos no lineales pueden ser calculados por los métodos usuales con γ_m pequeño (del orden de 1), pudiendo ser algo mayor para hormigón. γ_m grandes dan menor seguridad.
- 7º) El simplex permite resolver el cálculo plástico límite en cualquier computador con programas usuales.
- 8º) La probabilidad de ruina, de un año dado, a priori por lo menos (a la hora de calcular la estructura), decrece con el tiempo.
- 9º) La probabilidad de ruina debe de ser definida en cierto momento (al proyectar la estructura, al haberla aprobado por un ensayo de cargas). En general es $P(A/B)$, con A = ruina de la estructura. Para B proponemos el estado de conocimientos al proyectar la estructura.
- 10º) Los resultados numéricos probabilistas con muestras hipótesis, debidamente calibrados, son parecidos a un cierto número de normas y son compatibles con los resultados de otros investigadores.
- 11º) Aunque se hable de probabilidad de ruina, hay que tener voluntad de proyectar y de construir con una seguridad humanamente máxima, por medio de previsiones y ejecución cuidadosas.
- 12º) Los coeficientes de seguridad nos cubren contra variadas inexactitudes de estimación del futuro a la hora de hacer el proyecto. Siempre existe por ello una probabilidad de ruina a priori de la estructura. Hay unos valores óptimos de los coeficientes por debajo

de los cuales la esperanza matemática de la ruina puede aumentar más deprisa que el ahorro en la estructura. Por encima de ellos la probabilidad de ruina por ser mayores las cargas que las resistencias se hace pronto despreciable. Estos valores óptimos son recomendables si en su cálculo se han tenido en cuenta errores de hipótesis. Unos coeficientes más altos encarecen la estructura sin mayor seguridad, pues en esos valores son los riesgos de accidentes, de ejecución fraudulenta o de error de concepción los que pueden hundir la estructura, y no son evitables por coeficientes más altos.

Observaciones.

Aunque estamos haciendo un estudio de medidas del viento en España, hemos hecho pocas medidas. No hemos hablado de algunos temas de actualidad, como son las definiciones probabilistas de las cargas de viento o de seismos, ni de los riesgos a fatiga, cansancio, "shake down", y muy poco de los límites de utilización. Nuestro estudio está más bien orientado a las cargas máximas que producen ruina. Habitualmente las resistencias de las construcciones son mayores que las supuestas, pero a veces no ocurre así, y entonces los coeficientes de seguridad óptimos justificables probabilísticamente son los mínimos; bajo estos valores los riesgos de ruina crecen muy deprisa.

F-1) Bibliografía (suscita. En 2, 3 puede encontrarse más bibliografía).

- 1) Suárez Bore. Apuntes de la Escuela de Caminos (Catedrático de Puertos) y trabajos presentados a las oposiciones a Cátedra de Puertos. *(Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas)*.
- 2) Ferry Borges. O dimensionamento de Estruturas. Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, Lisboa 1954.
- 3) A. Pérez. El coeficiente de seguridad en las distintas obras. Instituto Eduardo Torroja, 1953.
- 4) J. Kuipers. Structural Safety. Heron, Nr-5, Laboratory of the Department of Civil Engineering of the Technological University Delft, and I.B.B.C Holanda.
- 5) M. Thom. Distributions of extreme winds in the U.S.A., April 1960, Frequency of maximum wind speeds, March 56. Proceedings of the A.S.C.E., Structural Division.
- 6) Gumbell, Statistics of Extremes, Columbia, New York and London, 1958.
- 7) Eduardo Torroja y A. Pérez. Diversas Comunicaciones al C.I.B entre 1948 y 1953. Informes de la Construcción nº 17 del Instituto Torroja, sobre la seguridad de las estructuras,...

- 8) A.I.P.C., Symposium sur les notions de Sécurité des structures et les méthodes d'élaboration des projets, London 1969, Publication préliminaire. (Publicación definitiva en Prensa). Para el contenido ver capítulo 2. Final report.
- 9) Manuzio. Carpena. Varias publicaciones, en la revista Electra en particular. Por ejemplo Statistical determination of wind loading effects on overhead line conductors, Cigre 1904, Report N. 231. Octubre 68, revista "Electra".
- 10) Irribarren y Nogales. Obras marítimas, oleaje y diques. Dossat.
- 11) A.H. Ang y M. Amin, Studies of probabilistic safety, Analysis of structures and structural systems. Monografía. Department of Civil Engineering, University of Illinois, Urbana, Illinois.
- 12) Gómez Navarro, Aprovechamientos hidráulicos, R.O.P.
- 14) Informes de la Construcción del Instituto Eduardo Torroja, número 189, Comunicaciones del C.E.C.M.
- 15) J.L. Doob, Stochastic processes, Wiley.
- 16) Proceedings ASCE, Sept.-69, St. Division, Dusan Krajcinovic, Limit analysis of Structures.
- 17) Proceeding ASCE, Sept-69, St.D. Recent developments in plastic design practice. (L. Beedle, Le-Wu-Lu, Lee Chong Lim).
- 19) L. Benito Castresana, Cálculo plástico de vigas y pórticos. Laboratorio Central del Ministerio de Obras Públicas.

- 20) La securité des constructions aux surcharges climatiques, Georges Demarre, Cités et Techniques n° 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44.
- 21) Norma H.A-61, Instituto Eduardo Torroja, Madrid.
- 22) Norma E.M-62, Instituto Eduardo Torroja, Madrid. (En prensa nueva edición).
- 23) Recomendaciones del C.E.B., editadas por el Instituto Eduardo Torroja.
- 24) Bulletin d'information n° 68 du C.E.B. En particular artículo de Franco Levi sobre coeficientes.
- 25) Beedle. Diseño plástico de marcos de acero, Compañía Editorial Continental, México.
- 26) A. Cornell, Memorandum to members ASCE Task Committee on Structural Safety, 1967.
- 27) Ang, Amin. Studies of Probabilistic Safety Analysis of Structures and Structural Systems A.H-S. Ang and M. Amin.
- 28) Engineering Seismic risk analysis, C. Allin Cornell, Department of Civil Engineering of M.I.T., 1967.
- 29) Cornell, Bounds of the reliability of Structural systems, proceedings ASCE, St.D., Feb.-67.

- 30) Freudenthal, Proc. ASCE, Marzo 61, St.D. Safety analysis. (En particular estudia las estructuras redundantes). En el capítulo 2 hay más citas del autor, que es uno de los primeros en el tema.
- 31) Turkstra, Proc. ASCE, Oct-67, St.D. Choice of failure probabilities.
- 32) O.A. Rascón-Chávez, Proc. ASCE, June 67, Mechanics division. Stochastic model to fatigue.
- 33) J. Ferry Borges, Structural Behaviour and Safety Criteria, Lisboa, 1964. Laboratorio Nacional de Engenharia Civil.
- 34) J. Ferry Borges, Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, Statistical theories of structural similitude, 1961.
- 35) Norma sismoresistente española. Presidencia del Gobierno, Madrid 1968.
- 36) Norma E.H. (Española de Hormigón) - 68. Ministerio de Obras Públicas.
- 37) Cálculo directo del coeficiente de mayoración. Pimpo Hernández. (En Prensa en Informes de la Construcción, Instituto Torroja).
- 38) J. Ferry Borges, M. Castanheta, Structural Safety, Lisboa, Noviembre-68.

- 39) Highway research record. Symposium: Safety Factors in Soil Engineering nº 269.
- 40) Norma noruega de Cargas. (Forslag til Norsk standard fra Norges byggstandardiseringsrad). Norwegian Council for building Standardi sation.
- 41) Ferry Borges, documentos presentados al Congreso de Londres, Computer experiments Concerning random non lineal structural behaviour y General recommendations deduced from basic studies on structures. Serán publicados en informe A.P.I.C, fin del 69.
- 43) J. Batanero. Estado actual de las ideas sobre la seguridad en las estructuras, Conferencia de Apertura del Curso 68-69 en I. Politécnico S. de Madrid. (Ministerio de Educación y Ciencia, Octubre-68).
- 44) Ang - Amin, Proc. ASCE, Ag.69 y publicación del Congreso de Londres sobre un método de dimensionamiento teniendo en cuenta errores de hipótesis.
- 45) Clough, Nonlinear earthquake behaviour, Proc. ASCE, June 67.
- 46) Alan G. Davenport, June 67, Proc. ASCE, St. D, Gust loading factors (sobre viento).
- 47) Rosenblueth, ASCE, oct-64. Probabilistic design to resist earthquakes, Oct.-64. (Diseño y simulación).

- 48) Proc. ASCE, Julio 68. St. D. Unos 6 o 7 artículos sobre las fuer-
zas de viento y sus efectos en estructuras.
- 49) Proc. ASCE, Feb-59, St. D., Synopsis on first progress report of
committee on factors of safety.
- 50) Proc. ASCE, April 1960, St. D. Dynamic effects of earthquakes,
by Roy W. Clough. (Respuesta de una estructura a terremotos).
- 51) Proc. ASCE, Jan 61, ST. D. Ferguson, Load Factors by Eduardo
Torroja, A.C.I Proceedings Paper nº 55, Noviembre 1958.
- 52) Ferguson, Jan 61, Proc. ASCE, St. D., Recent trends in ultimate
strength design.
- 53) Hsuan Loh Su, June 61, Philosophical aspects of structural design.
Proc. ASCE, St. D.
- 54) Jack. R. Benjamin and Theodore C. Zsutty, Safety, Reliability
and Structural design. Proc. ASCE, Ag. 61, St. D.
- 55) Proc ASCE, St. D., Ag. 64, trae diagrama de frecuencia de terre-
motos.
- 56) J. Antón, Nota informativa sobre teorías probabilistas de seguri-
dad en estructuras, Informes de la Construcción del I.E.T.C.C.
nº 212.
- 57) Freudenthal A.M. The safety of structures. Proc. ASCE, not 71,
número 8, Octubre 45.

- 58) Freudenthal A.M. Reflections on standard specification for structural design. Proc. ASCE, vol. 73, n° 2, Febrero 47.
- 59) Freudenthal A.M. Inelastic behaviour and safety of structures, Publication preliminaire du 3eme Congrès de l'A.I.P.C., Lieja 1948.
- 60) Freudenthal A.M. The inelastic behaviour of engineering materials and structures, John Wiley and Sons, Inc, New York 1950.
- 61) Koranyi I., Begriff der Sicherheit, Rapport final du 3ème Congrès de l'A.I.P.C., Lieja 1948.
- 62) Levi R., La sécurité des constructions, II Congrès de l'A.I.P.C., Berlin 1936.
- 63) Levi R. Calculs probabilistes de la sécurité des constructions, Annales des Ponts et Chaussées, n° 26, Paris 1949.
- 64) Levi R. La notion probabiliste appliquée à la sécurité des constructions, C.I.B., Première Assemblée Générale, Genève, Paris 1953.
- 65) Moe A.J., Begriff der Sicherheit, Publicación Préliminaire du 3ème Congrès de l'A.I.P.C., Liège 1948.
- 66) Prot M. La sécurité des constructions. Rapport introductif. Publication préliminaire du 3ème Congrès de l'A.I.P.C., Liège, Septiembre 48.

- 67) Prot. M. et Lovi R. Conceptions modernes relatives à la Sécurité des Constructions, Revue Générale des Chemins de Fer, Paris, Juin 61.
- 68) Vasco Costa F. Utilizacão de noção de probabilidade no estudo de segurança das estruturas. Tese apresentada ao 2º Congresso Nacional de Engenharia, Porto, Junho, 1948.
- 69) Weibull W. A statistical theory of the strength of materials. Ingeniörs Vetenskaps Akademien, Handlingar nr 149, Stockholm, 1938.
- 70) Pugsley, The Safety of Structures, Edward Arnold 1966, p 2.
- 71) Johnson A.I, Strength, safety and economical dimensions of structures, Bulletin, División of Building Studies and Structural Engineering at the Royal Institute of Technology, Stockholm, número 12, 1953.
- 72) Report of the Inquiry into the collapse of flats at Ronam Point, Caning Town, H.M.S.O., October 68 pp. 70.
- 73) Cargas y Sobrecargas. J. Nadal 1961 (Normas y Manuales del Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento).
- 74) Technical Committee ISO/TC 98 "Bases for design of Structures" (Secretaría en Varsovia). De acuerdo con A.I.P.C., C.E.B., C.E.C.M., C.I.B., F.I.P., I.A.S.S., R.I.L.E.M., publicará unos principios generales para el diseño de estructuras, que actualmente circulan en papeles provisionales.

- 75.- El control de calidad de los hormigones a través de los ensayos de probetas a compresión simple, por José M. López Sáiz, Informes de la Construcción del I. Torroja, nº 212, julio 69.
- 76.- A Probabilistic Basis for a Deterministic Code .
Jorck R. Benjamín - N - C - Ltd. ACI Journal, Nov. 69.
- 77.- Failure probabilities of reinforced concrete beams, S. F. Costello, Asce, Oct. 69.
- 78.- H. Rüsch, R. Raowitz, Some Basic Aspects of Safety Control of Structural Concrete, (presentado al CIB Committee W 23, Madrid, Nov. 69).
- 79.- López Sáiz, El control de calidad de los hormigones a través de los ensayos de probetas a compresión simple, Informes de la Construcción del I.E.T., nº 212, Julio 69.
- 80.- ACI Standart,
Building Code Requirements for Reinforced Concrete. June 1963.
ACI Publication (U.S.A.).
- 81.- Carlo Gavarini. Atti dell Istituto di Scienza delle Costruzioni della Università di Pisa. Vol IX_1968. Programación lineal aplicada a la plasticidad.
- 82.- Giornale del Genio Civile. Giulio Ceradini, Carlo Gavarini. Applicazione della programmazione lineare ai problemi di adattamento plastico statico o dinamico. En el mismo número (Agosto 69). Carlo Gavarini, Concezione probabilista del cálculo a rotura.
- 83.- Memorias AIPC. Tomo 29-II. (1969). Safety Factors for stress reversal. D.E. Allen. (OTTawa).
- 84.- En otoño 69 se publicaron en los cuadernos del ACI varios artículos sobre el tema.

Muchas de estas referencias tienen bibliografía, sobre todo la 8.

Ver 5.2.1) y lo que sigue (datos, resultados).
P.5-10)

P.5-1-1

PROBABILIDAD DE HUNDIMIENTO DE UN ELEMENTO DEBIDO A CARGAS COMPUESTAS'

BEGIN INTEGER LAM' FOR LAM:=1 STEP 1 UNTIL 20 DO

BEGIN REAL N,PE,DIS,JA,CAR,LON,EL,KA,COEF1,BAM,MUM,K,X,G,Z

,T,S,U,D,Y,L,E'

INTEGER A,C,AUX,AZ,F,DB,J,KJ,KI,KIA,HU,HUR,B,ALTO,I'

ARRAY DA(1:12),MA(1:12),ABU(1:10,1:12),

BAU(1:10,1:12),LOJ(1:10),COEF(

1:10,1:12),COEFA(1:12),MU(1:12),BA(1:10,1:12),PROB(1:12)'

SWITCH SS:=ELENA,ISABEL,ANA,LUISA,SALTAR,BRINCAR'

K:=Z:=T:=S:=U:=0'

READ A,C,AZ,F,DB,N,PE'

FOR J:=1 STEP 1 UNTIL DB DO

BEGIN READ DA(J),PROB(J)'

FOR KI:=1 STEP 1 UNTIL F DO

BEGIN IF AZ=1 THEN

BEGIN READ DIS,CAR,LON'

EL:=1.28*(1|DIS+1.87)|CAR'BAU(KI,J):=CHECKR(EL)'

IF ABS(EL) GR @-7 THEN

ABU(KI,J):=CHECKR(CAR-(LN(N|LON)+2.97)|EL)

ELSE ABU(KI,J):=CHECKR(1)'

END

ELSE READ ABU(KI,J),BAU(KI,J)'

END'

END'

HUR:=1'

FOR J:=1 STEP 1 UNTIL DB DO

BEGIN AUX:=0' COEFA(J):=0' MA(J):=0' MU(J):=-@+7' ALTO:=1'

J:=CHECKI(J)'

FOR KI:=1 STEP 1 UNTIL F DO

BEGIN COEF(KI,J):=0'

LOJ(KI):=IF ABU(KI,J) LESS 0 THEN 1 ELSE 0'

IF LOJ(KI) GR 0.9 THEN

BEGIN ALTO:=0'

KIA:=KI END ELSE MA(J):=MA(J)+ABU(KI,J)'

END'

KI:=0' GOTO LUISA' ELENA: FOR KI:=1 STEP 1 UNTIL F DO

BEGIN IF ABS(LOJ(KI)) LESS @-7 THEN GOTO ANA'

IF LOJ(KI) GR 0.9 THEN

BEGIN LOJ(KI):=-1' AUX:=1'

GOTO LUISA' END'

IF LOJ(KI) LESS -0.9 THEN

BEGIN

LOJ(KI):=1' GOTO ANA'

END'

ANA:END'

LUISA: KI:=CHECKI(KI)' HU:=0' KA:=1'

FOR KI:=1 STEP 1 UNTIL F DO

BEGIN IF LOJ(KI) GR 0.9 THEN AUX:=0'

IF BAU(KI,J) LESS @-5 THEN BEGIN BA(KI,J):=0'

GOTO ISABEL'

END'

IF LOJ(KI) LESS -0.9 THEN

BEGIN BA(KI,J):=0' KA:=KA*(1-EXP(ABU(KI,J)*

BAU(KI,J)))'

END

ELSE BEGIN HU:=1'

```

BA(KI,J):=BAU(KI,J)'
IF ABS(LOJ(KI)) GR @-7 THEN
KA:=KA*EXP(ABU(KI,J)*BA(KI,J))'
END' KA:=CHECKR(KA)'
ISABEL: END' IF AUX=1 THEN ALTO:=1' IF HU=1 THEN
BEGIN FOR KI:=1 STEP 1 UNTIL F DO
BEGIN COEFI:=1 '
IF BA(KI,J) LESS @-7 THEN GOTO SALTAR'
FOR KJ:=1 STEP 1 UNTIL F DO
BEGIN IF BA(KJ,J) LESS @-7 THEN GOTO BRINCAR'
COEFI:=IF KJ=KI THEN COEFI ELSE COEFI*BA(KJ
,J)
| (BA(KJ,J)-BA(KI,J))'
BRINCAR:END' COEFI:=CHECKR(COEFI)'

COEF(KI,J):=CHECKR(COEF(KI,J)+COEFI*KA)'
END
SALTAR:
END'
IF HU=0 THEN
BEGIN HUR:=0' COEFA(J):=KA' MU(J):=DA(J)+PE' END'
IF ALTO=0 THEN GOTO ELENA' MA(J):=PE+DA(J)+MA(J)'
COEF(KI,J):=COEF(KI,J)*PROB(J)'
END'BEGIN INTEGER PA' SWITCH SSS:=MIRIAM,BABEL,JUDIT,ESTER,
MARIA,URRACA,BOLENA'

READ BAM,MUM,B'MUM:=0' BAM:=10' PA:= 0' B:=1000'
FOR I:=0 STEP 1 UNTIL B DO
BEGIN MIRIAM: X:=CHECKR(MUM+I*BAM)'
G:=0'
FOR J:=1 STEP 1 UNTIL DB DO
BEGIN
IF HUR=1 THEN GOTO MARIA'
IF (X-MU(J)) GR 0 THEN GOTO MARIA'
G:=G+COEFA(J)'
MARIA: IF X LESS MA(J) THEN BEGIN
IF COEFA(J) LESS @-7 THEN G:=1' GOTO BOLENA' END'
AZ:=30'
FOR KI:=1 STEP 1 UNTIL F DO
BEGIN IF BAU(KI,J) LESS @-5 THEN GOTO URRACA'
E:= -BAU(KI,J)*(X-MA(J))'G:=CHECKR(G+COEF(KI,J) *
EXP(E))' URRACA:END' BOLENA: END'G:=CHECKR(G*N)'
IF AZ LESS 30 AND HUR=1 THEN G:=@+10'
Y:=EXP(-G)'IF PA=1 THEN GOTO BABEL'
IF Y GR 2-6 THEN
BEGIN PA:=1'BAM:=1' MUM:=X-9' I:=0'
GOTO MIRIAM' END ELSE GOTO ESTER'BABEL: L:=Y-K'
Z:=Z+X*L'
T:=T+X*X*L'
S:=S+X*X*X*L'
U:=U+X*X*X*X*L'
K:=Y'
IF Y GR 0.999999 THEN GOTO JUDIT'
IF A=1 THEN
PRINT X, SAMELINE,££$4??,SAMELINE,SCALED(5
),G,SAMELINE,SCALED (4),Y,SAMELINE,SCALED(4),L'
ESTER:

```

```
JUDIT: IF C=1 THEN
      BEGIN   D:=T
      -Z*Z'
      E:=S-3*Z*T+2*Z*Z*Z'
      JA:=U-4*Z*S+6*Z*Z*T-3*Z*Z*Z*Z'

E:=SORT(D)' JA:=Z+1.87*E'E:=E|Z'

PRINT ALIGNED(3,3) ,

JA,SAMELINE,E'
END END END'END'
```

Ejemplo:

Datos

$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1.804 & 0 \\ 0 & 1 & 0.20 & 1 & 50 & 1 \\ 0.05 & 100 & 1 & & & \\ 1 & 1 & 1 & & & \end{matrix}$

Sísmica (50 - 0.20)
 y USO (100 - 0.05)

Resultados (curva en fig 5.4) Probabilidad
de no sobrepasar

S

$-\ln(\bar{a})$

$G(S, SC) \Delta G$ para $\Delta S = 1$

45.000000	1.00000+10	0.0000+00	0.0000+00
46.000000	1.00000+10	0.0000+00	0.0000+00
47.000000	1.00000+10	0.0000+00	0.0000+00
48.000000	1.00000+10	0.0000+00	0.0000+00
49.000000	1.00000+10	0.0000+00	0.0000+00
50.000000	1.00000+10	0.0000+00	0.0000+00
51.000000	1.00000+10	0.0000+00	0.0000+00
52.000000	1.00000+10	0.0000+00	0.0000+00
53.000000	1.00000+10	0.0000+00	0.0000+00
54.000000	1.00000+10	0.0000+00	0.0000+00
55.000000	1.52210+04	0.0000+00	0.0000+00
56.000000	1.15720+04	0.0000+00	0.0000+00
57.000000	8.80350+03	0.0000+00	0.0000+00
58.000000	6.70160+03	0.0000+00	0.0000+00
59.000000	5.10520+03	0.0000+00	0.0000+00
60.000000	3.89220+03	0.0000+00	0.0000+00
61.000000	2.97000+03	0.0000+00	0.0000+00
62.000000	2.26840+03	0.0000+00	0.0000+00
63.000000	1.73430+03	0.0000+00	0.0000+00
64.000000	1.32740+03	0.0000+00	0.0000+00
65.000000	1.01720+03	0.0000+00	0.0000+00
66.000000	7.80510+02	0.0000+00	0.0000+00
67.000000	5.99720+02	0.0000+00	0.0000+00
68.000000	4.61500+02	0.0000+00	0.0000+00
69.000000	3.55700+02	0.0000+00	0.0000+00
70.000000	2.74620+02	0.0000+00	0.0000+00
71.000000	2.12410+02	0.0000+00	0.0000+00
72.000000	1.64610+02	3.2480-72	3.2480-72
73.000000	1.27820+02	3.0710-56	3.0710-56
74.000000	9.94700+01	6.3230-44	6.3230-44
75.000000	7.75790+01	2.0320-34	2.0320-34
76.000000	6.06460+01	4.5880-27	4.5880-27
77.000000	4.75240+01	2.2940-21	2.2940-21
78.000000	3.73340+01	6.1090-17	6.1090-17
79.000000	2.94040+01	1.6980-13	1.6970-13

S	G	ΔC
80.000000	2.32190+01	8.2410-11
81.000000	1.83840+01	1.0370-08
82.000000	1.45950+01	4.5870-07
83.000000	1.16180+01	9.0010-06
84.000000	9.27350+00	9.3870-05
85.000000	7.42210+00	5.9790-04
86.000000	5.95610+00	2.5900-03
87.000000	4.79220+00	8.2940-03
88.000000	3.86560+00	2.0950-02
89.000000	3.12610+00	4.3890-02
90.000000	2.53410+00	7.9330-02
91.000000	2.05910+00	1.2760-01
92.000000	1.67680+00	1.8700-01
93.000000	1.36850+00	2.5450-01
94.000000	1.11910+00	3.2660-01
95.000000	9.16990-01	3.9970-01
96.000000	7.52740-01	4.7110-01
97.000000	6.18970-01	5.3850-01
98.000000	5.09790-01	6.0060-01
99.000000	4.20510-01	6.5670-01
100.000000	3.47350-01	7.0660-01
101.000000	2.87290-01	7.5030-01
102.000000	2.37910-01	7.8830-01
103.000000	1.97230-01	8.2100-01
104.000000	1.63680-01	8.4900-01
105.000000	1.35970-01	8.7290-01
106.000000	1.13040-01	8.9310-01
107.000000	9.40580-02	9.1020-01
108.000000	7.83200-02	9.2470-01
109.000000	6.52590-02	9.3680-01
110.000000	5.44090-02	9.4700-01
111.000000	4.53890-02	9.5560-01
112.000000	3.78830-02	9.6280-01
113.000000	3.16330-02	9.6890-01
114.000000	2.64250-02	9.7390-01
115.000000	2.20830-02	9.7820-01
116.000000	1.84610-02	9.8170-01
117.000000	1.54380-02	9.8470-01
118.000000	1.29140-02	9.8720-01
119.000000	1.08050-02	9.8930-01
120.000000	9.04250-03	9.9100-01
121.000000	7.56930-03	9.9250-01
122.000000	6.33720-03	9.9370-01
123.000000	5.30670-03	9.9470-01
124.000000	4.44440-03	9.9560-01
125.000000	3.72270-03	9.9630-01
126.000000	3.11870-03	9.9690-01
127.000000	2.61290-03	9.9740-01
128.000000	2.18940-03	9.9780-01
129.000000	1.83470-03	9.9820-01
130.000000	1.53760-03	9.9850-01

S

C

Ca

131.00000	1.28870-03	9.9870-01	2.4850-04
132.00000	1.08020-03	9.9890-01	2.0830-04
133.00000	9.05480-04	9.9910-01	1.7460-04
134.00000	7.59050-04	9.9920-01	1.4630-04
135.00000	6.36340-04	9.9940-01	1.2260-04
136.00000	5.33490-04	9.9950-01	1.0280-04
137.00000	4.47280-04	9.9960-01	8.6160-05
138.00000	3.75020-04	9.9960-01	7.2230-05
139.00000	3.14440-04	9.9970-01	6.0560-05
140.00000	2.63660-04	9.9970-01	5.0770-05
141.00000	2.21080-04	9.9980-01	4.2560-05
142.00000	1.85380-04	9.9980-01	3.5690-05
143.00000	1.55450-04	9.9980-01	2.9920-05
144.00000	1.30360-04	9.9990-01	2.5090-05
145.00000	1.09320-04	9.9990-01	2.1040-05
146.00000	9.16740-05	9.9990-01	1.7640-05
147.00000	7.68790-05	9.9990-01	1.4790-05
148.00000	6.44720-05	9.9990-01	1.2410-05
149.00000	5.40690-05	9.9990-01	1.0400-05
150.00000	4.53440-05	1.0000+00	8.7250-06
151.00000	3.80280-05	1.0000+00	7.3160-06
152.00000	3.18930-05	1.0000+00	6.1360-06
153.00000	2.67470-05	1.0000+00	5.1410-06
154.00000	2.24320-05	1.0000+00	4.3180-06
155.00000	1.88130-05	1.0000+00	3.6210-06
156.00000	1.57780-05	1.0000+00	3.0320-06
157.00000	1.32330-05	1.0000+00	2.5480-06
158.00000	1.10980-05	1.0000+00	2.1270-06
159.00000	9.30820-06	1.0000+00	1.7960-06
160.00000	7.80670-06	1.0000+00	1.4980-06
161.00000	6.54750-06	1.0000+00	1.2630-06
162.00000	5.49140-06	1.0000+00	1.0540-06
163.00000	4.60570-06	1.0000+00	8.9030-07
164.00000	3.86280-06	1.0000+00	7.4130-07
165.00000	3.23980-06	1.0000+00	6.1470-07
166.00000	2.71720-06	1.0000+00	5.2900-07
167.00000	2.27900-06	1.0000+00	4.3590-07
168.00000	1.91140-06	1.0000+00	3.7250-07
169.00000	1.60310-06	1.0000+00	3.0170-07
170.00000	1.34460-06	1.0000+00	2.6080-07
171.00000	1.12770-06	1.0000+00	2.2350-07

110.739 0.069

(Característica y Dispersión)

SUPERPOSICION DE DOS CARGAS ABACOS'

```

BEGIN REAL D,DD,H,HD,BA,C,CD,N,NI,M,L,MD,LD,A,B,K,X,Y,LS,MS,E'
  INTEGER I,J'
  SWITCH S:=PEPE,JOSE,ELVIRA,LUIS'
  C:=1(X)'
  FOR CD:=10 STEP 22 UNTIL 100 DO
    BEGIN FOR I:=1 STEP 1 UNTIL 6 DO
      BEGIN IF I=1 THEN BEGIN N:=10.6' B:=13.3' K:=0.928' END'
        IF I=2 THEN BEGIN
          GOTO LUIS'N:=9.21' B:=11.7' K:=0.923 'END'
        IF I=3 THEN BEGIN GOTO LUIS'N:=7.28' B:=9.65' K:=0.905 ' END'
        IF I=4 THEN BEGIN N:=5.8' B:=8' K:=0.883 'END'
        IF I=5 THEN BEGIN GOTO LUIS ' N:=4.69' B:=6.65' K:=0.869' END'
        IF I=6 THEN BEGIN N:=3.31' B:=5.1' K:=0.838' END'
        NI:=EXP(N)'
        PRINT ££L1??,SCALED(3),N,SAMELINE,ALIGNED(3,0),CD'H:=0.05'
        FOR D:=0.02 STEP H UNTIL 0.33 DO
          BEGIN L:=1.28*(1|D+2)|1(X)' M:=(C-(N+2.56)|L)'
          IF D GR 0.1 THEN H:=0.1' HD:=0.05'
          FOR DD:=0.02 STEP HD UNTIL 0.33 DO
            BEGIN LD:=1.28*(1|DD+2)|CD' MD:=(CD-(N+2.56)|LD)'
            IF DD GR 0.1 THEN HD := 0.1'
              IF ABS(L-LD) LESS 0.005 THEN
                BEGIN IF (M GR 0) AND (MD GR 0) THEN BEGIN
                  MS:=2*B|(L+LD)+M+MD' LS:=K*L ' GOTO PEPE 'END
                ELSE GOTO JOSE'END
                ELSE BEGIN IF L LESS LD THEN
                  BEGIN LS:=L'MS:=M ' END ELSE
                    BEGIN LS:=LD'MS:=MD'LD:=L'MD:=M'END'
                IF MS GR 0 THEN
                  BEGIN IF MD LESSEQ 0 THEN BEGIN IF (LN(LD|(LD-LS))+MD*LS) LESS -4.8 THEN
                    BEGIN MS:=MS+N|LS+LN(1-EXP(LD*MD))|LS' GOTO PEPE' END ELSE GOTO JOSE END'
                    IF (LD|LS) GR ((3+N+LN(LS|(LD-LS)))+(N+LN(LD|
                      (LD-LS))-1.8)) THEN
                      BEGIN MS:=MS+MD+(N+LN(LD|(LD-LS))|LS'
                        GOTO PEPE ' END ELSE GOTO JOSE' END
                    ELSE BEGIN IF MD GR 0 THEN
                      BEGIN REAL U,V'U:=LN(1-EXP(LS*MS))'V:=LN(LD|(LD-LS))'
                      IF LD|LS GR((3+N+U-MS*LD)|(N+V-1.8)) THEN
                        BEGIN MS:=MD +MS+(N+V)|LS' GOTO PEPE' END
                        ELSE BEGIN IF (LD|LS) LESS ((-1.8 +N+U-MS*LD)|(N+V +3))
                          THEN BEGIN LS :=LD' MS:=MD +(N+U)|LS' GOTO PEPE' END ELSE
                            GOTO JOSE ' END END END END' GOTO JOSE'
                PEPE:
                  X:=MS+2.56|LS' Y:=1.28|LS|X'
                  PRINT ALIGNED(1,2),D,SAMELINE,DD,ALIGNED(3,3),X,Y'
                GOTO ELVIRA'
                JOSE: A:=N*2|(LD+LS)' IF MS GR 0 THEN A:=A+MS' IF MD GR 0 THEN A:=A+MD'
                BA:=1.28*(LS+LD)|LD|LS|2'A:=A-4*BA'BA:=BA|4'
                PRINT ££L1??,££S10??,£ 0 1 0 2 1 ?,SAMELINE,NI,£ 0 0 ?,MS,LS,££L1??,
                MD,LD,BA,££S1??,A,£ 33 ?,££S10??'
                ELVIRA:
                  END
                  END'
                LUIS: END
                END

```

25.71

ABACOS, CASO PARTICULAR'

```

BEGIN REAL D,DD,H,U,HD,HAN,BA,C,CD,N,NI,M,L,MD,LD,A,B,K,X,Y,LS,MS,E'
  C:=1(X)'HAN:=15'
  FOR CD:=10 STEP HAN UNTIL 105 DO
    BEGIN PRINT ALIGNED(3,0), CD'
  IF CD GR 15 THEN HAN:=25'N:=0'H:=0.03'
    FOR D:=0.02 STEP H UNTIL 0.33 DO
      BEGIN L:=1.28*(1|D+1.87)|100' M:=(C-(N+2.97)|L)'
      IF D GR 0.03 THEN H:=0.05'
  IF D GR 0.07 THEN H:=0.1' HD:=0.03'
    FOR DD:=0.02 STEP HD UNTIL 0.33 DO
      BEGIN LD:=1.28*(1|DD+1.87)|CD' MD:=(CD)-(N+2.97)|LD'
      IF DD GR 0.03 THEN HD:=0.05'
  HF DD GR 0.07 THEN HD:=0.1'
    U:=1.28*SQRT(1|L|L+1|LD|LD)'
    MS:=M+MD+(0.577)*(1|L+1|LD-U|1.28)'
    X:=MS' Y:=U|MS'X:=MS+2.97*U|1.28'Y:=U|(MS+0.577*U|1.28)'
      PRINT ALIGNED(1,2),D,SAMELINE,DD,ALIGNED(3,3),X,Y'
  END END END END '

```


P. 6.1

CALCULO DE PARAMETROS'

```

BEGIN REAL A , G,H,B,C,D,E,F' INTEGER I,J,K,L' READ K'
FOR L:=1 STEP 1 UNTIL K DO
  BEGIN READ I' H:=G:=B:=C:=0'
    FOR J:=1 STEP 1 UNTIL I DO
      BEGIN READ A' B:=B+A' C:=C+A*A'
        G:=G+A*A*A'H:=H+A*A*A*A'END'
      F:=B/I' D:=SQRT((C/I-F*F))'H:=H/I-4*G/I*F+6*F*F*C/I
        -3*F*F*F*F'G:=G/I-3*C/I*F+2*F*F*F' E:=LN(F)'
      D:=D*SQRT(1/(1-1))'
      G:=G*1*1/(1-1)/(1-2)'
      H:=(1*1*1*H/(1-1)-D*D*D*D*3*(2*1-3))/(1*1-3*1+3)'
      G:=G/D/D/D'H:=H/D/D/D/D'
      F:=D/F'
    END
  PRINT ALIGNED (3,3),
  E,SAMELINE,F,££S2??,D,££S2??,G,££S2??,H,££S2??,I,££S2??,A'
END END'

```

DATOS

28 P. 6. 2-1
14

3.70 3.37 3.41 3.60 3.50 3.36 3.70 3.79 3.42 3.58 3.17 3.90 3.46 3.52
 3.81 3.55 3.27/2
 3.74 3.44
 3.92 3.88 3.19/3
 3.35 2.28 2.76/7
 3.20 2.43 2.52 3.81 2.04 2.06 2.88/2
 3.28 4.40/5
 4.45 4.26 4.07 4.02 3.82
 39

3.70 3.37 3.41 3.60 3.50 3.36 3.70 3.79 3.42 3.58 3.17 3.90 3.46 3.52
 3.81 3.55 3.27
 3.74 3.44
 3.92 3.88 3.19
 3.35 2.28 2.76
 3.20 2.43 2.52 3.81 2.04 2.06 2.88
 3.28 4.40
 4.45 4.26 4.07 4.02 3.82/54
 3.54 3.46 3.61 3.66 3.96 3.77 3.92 4.10 4.05 3.88 4.18 4.26 4.45 4.44
 3.70 3.45 2.99 3.23 3.37 3.77 3.66 4.56 4.67 4.27 4.08 4.09 4.61 3.30 3.26 3.26 3.61 3.84
 3.94 3.79 3.70 3.68 1.03 3.68 4.10 4.16 4.21 3.80 3.84 3.81 2.92 2.69
 3.04 3.60 3.67 3.87 3.92 4.02 3.61 3.56

15. 2-1

13 1.05 1.03 0.98 1.02 1.01 1.02 1.02 1.03 1.02 1.02 0.98 0.98 0.94 1.02 0.99

13.03 1.07 1.02 1.07 1.05 1.03 1.08 1.07 1.20 1.33 1.30 1.26 1.24 1.15 1.15 1.06 1.09 1.16

1.15 1.13 1.09 1.08 1.05

0.97 0.95 1.14 1.1 1.1 1.05 1.04 1.01 1 0.99 0.95 1.05 1.04 1.03 1.51

1.05 1.03 0.98 1.02 1.01 1.02 1.02 1.03 1.02 1 0.98 0.98 0.94 1.02 0.99

1.09 1.07 1.02 1.07 1.05 1.03 1.08 1.07

1.33 1.30 1.26 1.24 1.15 1.15 1.06 1.09 1.16 1.15 1.13 1.09 1.08 1.08

0.97 0.95 1.14 1.1 1.1 1.05 1.04 1.01 1 0.99 0.95 1.05 1.04 1.03

8 3.06 1.71 3.16 1.59 3.18 1.97 3.32 2.56 5 2.73 2.64 4.15 3.5 3.64

13 3.06 1.71 3.16 1.59 3.18 1.97 3.32 2.56 2.73 2.64 4.15 3.5 3.64

22 1.44 1.56 1.53 1.33 1.53 1.42 1.07 1.5 1.43 1.29 1.31 0.9

1.12 1.08 0.96 1.11 1.03 0.75 0.96 0.91 0.945 0.645

12 1.44 1.56 1.53 1.33 1.53 1.42 1.07 1.5 1.43 1.29 1.31 0.9

10

1.12 1.08 0.96 1.11 1.03 0.75 0.96 0.91 0.945 0.645

3 1.049 0.996 1.064

17 1.03 0.99 1.02 0.99 0.98 1.13 1.05 1.12 1.09 1.13 1.03 1.18 1.10 1.08 1.08 1.02 1.06

21 8.8 8 8.8 8.2 8.1 8 7.65 7.5 6.9 10.4 9.1 9.5 9.25 9.2 9.4 8.9 9.7 9.2 8.5 8.7

8.45

74 1.35 1.25 1.25 0.85 1.2 1 0.74 1.05 1.02 0.98

1.09 0.94 0.87 0.86 1.03 1.04 1.09 1.06 0.99 0.95 0.95 0.99 0.99

0.98 0.93 1 0.97 0.95 0.93 0.97 1.20

1.05 0.98 1 0.96 0.98 0.92 0.83 1.08 1.07 1.05

1.10 1.05 1 1.10 1.02 1.02 0.98 1.02 0.97

1.01 1 1.56 1.34 1.13 1.07 1.00 0.98 0.93 1.20

1.10 1.00 1.00 1.10 1.05 1.05 0.90 1.05 0.95 0.90

0.90 0.90 0.75 0.90

19 1.18 1.07 1.03 1.07 0.99 0.97 1.00 0.84 0.85 0.86 0.87 0.90

0.89 0.98 0.99 1.02 1.02 1.06 1.00

109 1.35 1.275 1.275 1.225 1.225 1.225 1.225 1.225 1.225 1.225 1.225

1.225 1.225

1.15 1.15 1.15 1.15 1.15 1.15 1.15 1.15 1.15 1.15 1.15 1.15

1.15 1.15 1.15 1.15 1.15 1.15 1.075 1.075 1.075 1.075 1.075 1.075

2-6-2-3

1.075 1.075 1.075 1.075 1.075
1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025
1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025
1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025

1

0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975
0.975 0.975
0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925
0.925

0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875
0.825 0.825 0.75 0.75 0.75 0.75 0.75

87 1.25 1.15 1.15 1.15 1.15 1.15 1.075 1.075 1.075 1.075
1.075 1.075 1.075 1.075 1.075 1.075 1.075 1.075 1.075 1.075
1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025 1.025
1.025 1.025 1.025 1 1 1 1

0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975
0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975 0.975
0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925
0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925 0.925
0.925 0.925 0.925 0.925

0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.875 0.80

24 0.97 0.96 0.99 0.99 0.99 0.96
1.16 1.155 1.15 1.125 1.10 1.06 1.05 1.03 1.03 1.01 1.00 0.96 0.95
0.915 0.885 0.98 0.92 0.91

39 1.11 1.12 1.16 1.1 1.05 0.98 0.97 1.07 1.05 1.03 1.08 1.05
1.03 0.99 1.08 1.14 1.01 0.97 0.97 1.07 1.09 1.01 1.01 0.99 0.99 0.96 1.09
0.95 0.85 0.93 0.96 1.02 1 1 0.96 0.96 0.95 1 1.07

43 1.8 1.78 1.75 1.75 1.74 1.73 1.5 1.46 1.55 1.22 1.25 1.16 1.04 1.35 1.64 1.55
1.33 1.50 1.45 1.42 1.40 1.24 1.2 1.37 1.32 1.52 1.4 1.35 1.55 1.55 1.55
1.3 1.3 1.1 1.01 1.21 1.01 1.15 0.91 1.05
1.25 1.15 1.21

P 6.3

Logaritmo natural de la media	Despersion	Desviación Típica	$y_3 = \mu_3 / \sigma^3$	$y_4 + 3 = \mu_4 / \sigma^4$	Número de individuos	Spimen indivi duo
1.263	0.055	0.193	0.164	2.505	14	3.520
1.265	0.076	0.270	-0.111	-0.981	3	3.270
1.278	0.059	0.212	-0.551	-0.981	2	3.440
1.298	0.112	0.410	-1.714	0.002	3	3.190
1.028	0.192	0.536	0.306	0.002	3	2.760
0.995	0.237	0.641	0.781	1.940	7	2.880
1.345	0.206	0.792	-6.72+7.1	-1.000	2	4.400
1.417	0.058	0.240	0.234	1.307	5	3.820
1.234	0.170	0.583	-0.778	3.291	39	3.820
1.335	0.111	0.421	-0.313	3.166	54	3.560
0.024	0.036	0.037	-0.180	2.607	23	1.070
0.092	0.090	0.099	0.733	2.995	28	1.030
0.062	0.079	0.085	1.339	4.781	51	1.030
0.943	0.279	0.715	-0.420	0.902	8	2.560
1.204	0.192	0.639	0.051	0.743	5	3.640
1.052	0.267	0.764	-0.290	2.080	13	3.640
0.160	0.232	0.272	-0.150	1.781	22	0.645
0.307	0.147	0.199	-1.374	3.577	12	0.900
-0.050	0.162	0.154	-0.970	2.621	10	0.645
0.036	0.034	0.036	-1.396	0.005	3	1.064
0.062	0.054	0.057	0.305	2.102	17	1.060
2.162	0.093	0.810	-0.156	2.905	21	8.450
0.020	0.126	0.128	1.326	6.967	74	0.900
-0.022	0.092	0.090	0.143	2.527	19	1.000
0.037	0.120	0.124	-0.152	2.950	109	0.750
-0.012	0.082	0.081	0.567	3.324	87	0.800
0.010	0.079	0.080	0.575	2.272	24	0.910
0.021	0.064	0.065	0.006	2.901	39	1.070
0.310	0.172	0.235	0.222	2.097	43	1.210

Menos de 3 individuos $y_3 = \infty$, no vale.
 " " 4 " y_4 " " .

P. 7.1)

CALCULO DE LA PROBABILIDAD DE HUNDIMIENTO SIMULTANEO DE
HASTA 10 SECCIONES LOG-EXTR EN CASO DE PANDEO'

```

BEGIN INTEGER NUM,DIS' READ DIS' FOR NUM:=1 STEP 1 UNTIL DIS DO

BEGIN REAL M,R,S,NP,CP,P,PR,RF,D,GP,T'
  INTEGER K,A,I,B,E,J'
  ARRAY PA(1:10),C(1:10),PW(1:10),IA(1:10),N(1:10)'
  READ A,M,B,D,T'
  FOR K:=1 STEP 1 UNTIL A DO
    BEGIN READ C(K),PW(K),N(K)' END'
    E:=B*B*B' RF:=0' BEGIN REAL PROCEDURE H(S)'
      VALUE S' REAL S'
      BEGIN REAL U,Z'
        U:=T' Z:=(S-U)*1.28|M'
        H:=EXP(-Z-EXP(-Z))*1.28' END'
    REAL PROCEDURE F(R,NP)' VALUE R,NP' REAL R,NP'
    BEGIN REAL YU' SWITCH SSS:=LOLI' IF R LESSEQ 0 THEN BEGIN F:=0'
      GOTO LOLI' END'
    YU:=LN(R)-CP'YU:=YU|NP'
    F:=EXP(-YU*YU|2)|(R*2.5)' LOLI:END'
    REAL PROCEDURE G(S)'
      VALUE S' REAL S'
      BEGIN SWITCH SS:=NUEVO,POCO'
        GP:=1'
        FOR K:=1 STEP 1 UNTIL A DO
          BEGIN CP:=C(K)' RF:=EXP(CP)' NP:=N(K)'
          IF J=-B THEN BEGIN I:=-2*B'PA(K):=0'END ELSE I:=
          ENTIER(IA(K)+@-7)' P:=0'
          NUEVO:R:=RF*(1+I*I*I*6*NP*D|E)'
          IF PW(K) LESS @+8 THEN BEGIN
            IF (S LESS (R*PW(K)|(R+PW(K)))) AND (R GR 0) THEN
              GOTO POCO'END ELSE
              BEGIN IF S LESS R THEN GOTO POCO'END' BEGIN P:=
              (CHECKR(P+F(R,NP)*I*I))'
              I:=CHECKI(I+1)'
              IF I LESS (4*B) THEN GOTO NUEVO
            'END'
            POCO:PA(K):=PA(K)+P' IA(K):=I'
            GP:=CHECKR(GP*RF*PA(K)*D*18|E)'
            END'
            G:=GP'
            END'
            PR:=0'
            FOR J:=-B STEP 1 UNTIL 2*B DO
              BEGIN S:=T+J*J*J*6*M*D|E'
              PR:=CHECKR(PR+H(S)*G(S)*J*J)'
            END'
            RF:=PR*18*D|E'$
            FOR K:=1 STEP 1 UNTIL A DO
              PRINT N(K),SAMELINE, E=N?,SAMELINE,C(K),SAMELINE,E=C?'
              PRINT SCALED(4),RF,SAMELINE,E=PROBABILIDAD DE HUNDIMIENTO SIMULTANEO DE

```

```

LUNLELEMENTOS ANTERIORES?'
PRINT T,SAMELINE,£=T?,SAMELINE,M,£=M?'
END'END END'

```

P 7.2.

```

REAL PROCEDURE F(R,NP)' VALUE R,NP' REAL R,NP'
BEGIN REAL YU' YU:=LN(R)- CP'YU:=YU|NP'
F:= EXP(-YU*YU|2)|R*2.5' END'BEGIN REAL U' READ U '
REAL PROCEDURE H(S)'
VALUE S' REAL S'
BEGIN REAL X,DI,VA,VP' SWITCH SSSS:=PARIS'
IF J=-B THEN
    BEGIN READ X,DI' VP:=0' END' PARIS:IF S LESS X THEN
        H:=DI*U|M' ELSE BEGIN READ X,VA' DI:=VA-VP' VP:=VA'
        GOTO PARIS 'END' END'END'
REAL PROCEDURE H(S)'
    VALUE S' REAL S '
H:= EXP (-(S-1)*(S-1)|2*M*M)|(2.5*M)'

```

COEFICIENTE DE SEGURIDAD OPTIMO'

```

BEGRN, PEAL, R, SR, SQ, P, A, B, CA, D, E, F, C, H, IA, JA, K, L, M, N, O, PA, Q, RA, S,
T, U, V, W, X, C, DU, EU, GU, EUA, DUA, GUA, XA, NUM, NUMA, NUN, NUO, NUP,
DND, NUR, CD, VA, RAM, PREC, DEPR, DEDEPR, ND, NN, DNP, DP, DDP
, NO' INTEGER, I, NA'

```

SWITCH SSS:=PLUS'

```

PROCEDURE PRECIO(C)' VALUE C' REAL C'

```

BEGIN IF SR GR @-5 THEN

BEGIN IF SQ GR @-5 THEN

BEGIN

$$R := C * (1 + 2 * SC) / (1 - 2 * SR)'$$
$$NUM := NUP^1 \quad NUMA := -NUP * (1 + NU)^1$$
$$\Delta \phi_0 := 1'$$
$$NN := R * NUM + NUMA'$$
 $\lambda_D := 1$
$$P := NN \mid ND'$$
$$DP := (NUM) \mid ND'$$
$$DDP := 0'$$

```
P := IF P LESS 10 THEN EXP(P) ELSE 0'
```

$$DDP := (DDP * P + DP * DP * P) * (1 + 2 * SQ) * (1 + 2 * SQ) / (1 - 2 * SR) / (1 - 2 * SR) ;$$
$$DP := DP * P * (1 + 2 * SQ) \mid (1 - 2 * SR)$$

END ELSE BEGIN

```
IF C GR () THEN XA:=LN(C/(1-2*SR))/SR ELSE XA:=(0,01)
```

$$P := \text{EXP}(-XA * XA / 2) / (2.5 * (1 - 1 / XA / (XA + 3) * XA / XA * XA / (XA - 15) * XA / XA * XA / XA / XA / XA) / XA)$$
$$DP := -EXP(-XA * XA / 2) / 2.5'$$
$$DDP := -DP * XA'$$
$$NUR := 1 \mid C \mid SR'$$
$$DP := DP * NUR'$$
$$DDP := DDP * NUR * NUR - DP \mid C$$

END

END

ELSE BEGIN

$$XA:=(C*(1+2*SQ)|(1-2*SR)-1)*1.28|SQ'DDP:=EXP(-XA)'$$

```
P:= IF XA LESS 10 THEN (1-EXP(-DDP)) ELSE (DDP)'
```

$$DP := -DDP * (1 - P)'$$
$$DDP := -DP * (1 - DDP)'$$
$$NUR := (1 + 2 * SQ) \mid (1 - 2 * SR) * 1.28 \mid SQ'$$
$$DDP := NUR * NUR * DDP \quad DP := NUR * DP$$

END'

$$PREC := NAM * P + C / (1 - C * VA)'$$
$$DEPR := NAM * DP + 1 \mid (1 - C * VA) \mid (1 - C * VA)'$$
$$DEDEPR := NAM * DDP + 2 * VA | (1 - C * VA) | (1 - C * VA) | (1 - C * VA) |$$

END'

PROCEDURE MINIMI (NA,VA,SR,SQ)'

VALUE NA,VA,SR,SQ' REAL VA ,SR,SQ'

INTEGER NA'

```
BEGIN SWITCH SSSS:= ULTRA'
```

```
IF NA=1 THEN BEGIN
```

```
CD:=(1-2*SR)|(1+2*SQ)*(1+NU)' IF SQ LESS @-4 THEN CD:=CD+0.1*(1+NU)'END'ULTRA
```

```
C:=CD'PRECIO(C)' IF ABS(P)GR
```

(-20) AND DEDEPR

```
GR C-20 AND C GR 0 THEN CD:=CHECKR(C-DEPR|DEDEPR) ELSE BEGIN
```

134)

```
EUA:=EUA+0.1*(1+NU)'CD:=EUA'
IF ABS (EUA) OR 3*(1+NU) THEN
  READ READER (2), CD' END' DEPR:=
  CHECKR(DEPR)'DEDEPR:=CHECKR(DEDEPR)'
```

```
IF VA OR 0.05 THEN BEGIN CD:=IF CD GR 1|VA THEN (C+1|VA*GUA)|
  (1+GUA) ELSE CD'END'
IF ABS(C-CD) GR @-6 THEN GOTO ULTRA'
END'
```

```
BEGIN REAL NUI'
READ G,NU'
SR:=G' PRINT ££L3??,£
```

```
DISPERSION DE RESISTENCIAS=?,SAMELINE,ALIGNED(1,2),SR'
FOR VA:=0 STEP 0.2 UNTIL 0.95 DO
```

```
  BEGIN PRINT ££L3??,£V=?,SAMELINE,ALIGNED(1,1),VA'
```

```
  PRINT £
```

```
DISPERSION|COSTE?,SAMELINE
```

```
,£ @+1 @+2 @+3 @+4 @+5 @+6 @+7 @+8 @+9?
```

```
,£
```

```
CARGAS?'
```

```
FOR I:=2 STEP 1 UNTIL 6 DO
```

```
  BEGIN REAL DAR'IF I =2 THEN DAR:=0'
```

```
    BEGIN SWITCH SA:=PLUSA' IF I=3 THEN DAR:=5'
```

```
    IF I=4 THEN DAR:=10'
```

```
    IF I=5 THEN DAR:=20'
```

```
    IF I=6 THEN DAR:=30'
```

```
  SQ:=DAR|10X'
```

```
IF SR LESS @-4 AND SQ LESS @-4 THEN GOTO PLUSA'
```

```
IF NU GR @-6 AND SQ LESS @-7 THEN GOTO PLUSA'
```

```
IF SQ GR @-4 AND SR GR @-4 THEN READ NUP'NUP:=NUP*LN(10)'
```

```
PRINT ALIGNED(1,2),SQ,££S11??'
```

```
FOR NA:=1 STEP
```

```
1 UNTIL 9 DO
```

```
  BEGIN ARRAY HUF(1:9),HUF1(1:9),HUFA(1:9)'NAM:=10**NA' EUA:=0.5'
```

```
  EUA:=(1+NU)|4'GUA:=1'MINIMI(NA,VA,SR,SQ)'IF SR LESS @-5 OR SQ LESS
```

```
  @-5 THEN C:=C*(1+NU)'L:=C*(1+2*SQ)|(1-2*SR)|(1+NU)'
```

```
  DUA:=C|(1+NU)'
```

```
    PRINT PUNCH(1),SAMELINE,ALIGNED(2,4),DUA'
```

```
PRINT PUNCH(2),ALIGNED(2,5),C,££S1??, SAMELINE,SCALED(8),P,PREC'
```

```
HUF(NA):=P'HUFA(NA):=PREC'HUF1(NA):=L'BEGIN ARRAY HUFU(1:9)'HUFU(NA):=C'
```

```
IF SR LESS @-5 OR SQ LESS @-5 THEN
```

```
C:=C|(1+NU)'
```

```
IF (ABS(NA-9) LESS 0.5) THEN
```

```
BEGIN PRINT PUNCH(1),££L1??,££S2??,£C?,££S13??'FOR NA:=1 STEP 1 UNTIL 9.5 DO
```

```
  PRINT PUNCH(1),SAMELINE,ALIGNED(2,4),HUF1(NA)'
```

```
PRINT PUNCH(1),££L1??,££S2??,£C?,££S12??'FOR NA:=1 STEP 1 UNTIL 9.5 DO
```

```
  PRINT PUNCH(1),SAMELINE,ALIGNED(2,4),HUFU(NA)'
```

```
PRINT PUNCH(1),££L1??,££S2??,£PROB. RUINA?,££S4??'FOR NA:=1 STEP 1 UNTIL 9.5 DO
```

```
  PRINT PUNCH(1),SAMELINE,SCALED(2),HUF(NA)'
```

```
PRINT PUNCH(1),££L1??,££S2??,£PREC. RUINA?,££S4??'FOR NA:=1 STEP 1 UNTIL 9.5 DO
```

```
  PRINT PUNCH(1),SAMELINE,SCALED(2),HUFA(NA)'END'END'END'
```

```
  PRINT PUNCH(1),££L1??'
```

```
PLUSA: END END END END 'END'
```


Coeficiente de seguridad óptimo

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.00=SR

V= 0.0										
DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
CARGAS										
SG=0.05	1.1093	1.1911	1.2729	1.3547	1.4365	1.5182	1.6000	1.6818	1.7635	
C	1.2202	1.3103	1.4002	1.4902	1.5801	1.6701	1.7600	1.8499	1.9399	
CT	1.1093	1.1911	1.2729	1.3547	1.4365	1.5182	1.6000	1.6818	1.7635	
PROB. RUINA	3.6e-03	3.6e-04	3.6e-05	3.6e-06	3.6e-07	3.6e-08	3.6e-09	3.6e-10	3.6e-11	
PREC. RUINA	1.1e+00	1.2e+00	1.3e+00	1.4e+00	1.5e+00	1.6e+00	1.6e+00	1.7e+00	1.8e+00	
0.10	1.1607	1.3110	1.4609	1.6108	1.7607	1.9106	2.0605	2.2104	2.3604	
C	1.3928	1.5731	1.7531	1.9330	2.1129	2.2928	2.4726	2.6525	2.8324	
CT	1.1607	1.3110	1.4609	1.6108	1.7607	1.9106	2.0605	2.2104	2.3604	
PROB. RUINA	6.5e-03	6.5e-04	6.5e-05	6.5e-06	6.5e-07	6.5e-08	6.5e-09	6.5e-10	6.5e-11	
PREC. RUINA	1.2e+00	1.4e+00	1.5e+00	1.7e+00	1.8e+00	2.0e+00	2.1e+00	2.3e+00	2.4e+00	
0.20	1.2147	1.4729	1.7300	1.9870	2.2439	2.5009	2.7579	3.0149	3.2719	
C	1.7006	2.0620	2.4219	2.7817	3.1415	3.5013	3.8611	4.2209	4.5806	
CT	1.2147	1.4729	1.7300	1.9870	2.2439	2.5009	2.7579	3.0149	3.2719	
PROB. RUINA	1.1e-02	1.1e-03	1.1e-04	1.1e-05	1.1e-06	1.1e-07	1.1e-08	1.1e-09	1.1e-10	
PREC. RUINA	1.3e+00	1.6e+00	1.8e+00	2.1e+00	2.4e+00	2.6e+00	2.9e+00	3.1e+00	3.4e+00	
0.30	1.2415	1.5807	1.9182	2.2555	2.5928	2.9301	3.2674	3.6047	3.9420	
C	1.9864	2.5292	3.0692	3.6089	4.1485	4.6882	5.2279	5.7675	6.3072	
CT	1.2415	1.5807	1.9182	2.2555	2.5928	2.9301	3.2674	3.6047	3.9420	
PROB. RUINA	1.5e-02	1.5e-03	1.5e-04	1.5e-05	1.5e-06	1.5e-07	1.5e-08	1.5e-09	1.5e-10	
PREC. RUINA	1.4e+00	1.7e+00	2.1e+00	2.4e+00	2.7e+00	3.1e+00	3.4e+00	3.8e+00	4.1e+00	
V= 0.2										
DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
CARGAS										
SG=0.05	1.0917	1.1722	1.2524	1.3327	1.4129	1.4930	1.5732	1.6533	1.7333	
C	1.2009	1.2894	1.3777	1.4659	1.5542	1.6423	1.7305	1.8186	1.9066	
CT	1.0917	1.1722	1.2524	1.3327	1.4129	1.4930	1.5732	1.6533	1.7333	
PROB. RUINA	5.8e-03	6.1e-04	6.3e-05	6.6e-06	6.9e-07	7.2e-08	7.6e-09	7.9e-10	8.3e-11	
PREC. RUINA	1.5e+00	1.6e+00	1.7e+00	1.9e+00	2.0e+00	2.2e+00	2.4e+00	2.5e+00	2.7e+00	
0.10	1.1271	1.2727	1.4175	1.5620	1.7064	1.8505	1.9943	2.1378	2.2810	
C	1.3525	1.5272	1.7010	1.8745	2.0476	2.2205	2.3931	2.5654	2.7372	
CT	1.1271	1.2727	1.4175	1.5620	1.7064	1.8505	1.9943	2.1378	2.2810	
PROB. RUINA	1.1e-02	1.2e-03	1.3e-04	1.4e-05	1.5e-06	1.6e-07	1.8e-08	2.0e-09	2.2e-10	
PREC. RUINA	1.6e+00	1.8e+00	2.1e+00	2.4e+00	2.7e+00	3.1e+00	3.5e+00	3.9e+00	4.4e+00	
0.20	1.1552	1.3995	1.6411	1.8816	2.1207	2.3585	2.5946	2.8287	3.0605	
C	1.6173	1.9592	2.2976	2.6342	2.9690	3.3019	3.6324	3.9602	4.2847	
CT	1.1552	1.3995	1.6411	1.8816	2.1207	2.3585	2.5946	2.8287	3.0605	
PROB. RUINA	1.9e-02	2.2e-03	2.5e-04	2.9e-05	3.4e-06	4.0e-07	4.8e-08	5.9e-09	7.4e-10	
PREC. RUINA	1.7e+00	2.2e+00	2.7e+00	3.3e+00	4.0e+00	4.9e+00	5.9e+00	7.1e+00	8.6e+00	

0.30	1.1624	1.4779	1.7885	2.0963	2.4011	2.7023	2.9991	3.2903	3.5744
C	1.8599	2.3646	2.8616	3.3541	3.8418	4.3237	4.7986	5.2645	5.7190
CT	1.1624	1.4779	1.7885	2.0963	2.4011	2.7023	2.9991	3.2903	3.5744
PROB. RUINA	2.5@-02	3.0@-03	3.6@-04	4.3@-05	5.4@-06	6.9@-07	9.1@-08	1.3@-08	1.8@-09
PREC. RUINA	1.8@+00	2.4@+00	3.1@+00	4.0@+00	5.2@+00	6.6@+00	8.4@+00	1.1@+01	1.4@+01

V= 0.4

DISPERSION/COSTE
CARGAS

S=0.05

	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.05	1.0694	1.1475	1.2251	1.3024	1.3795	1.4562	1.5326	1.6085	1.6840
C	1.1763	1.2622	1.3476	1.4327	1.5174	1.6018	1.6858	1.7694	1.8524
CT	1.0694	1.1475	1.2251	1.3024	1.3795	1.4562	1.5326	1.6085	1.6840
PROB. RUINA	1.1@-02	1.2@-03	1.4@-04	1.5@-05	1.8@-06	2.0@-07	2.4@-08	2.8@-09	3.3@-10
PREC. RUINA	2.0@+00	2.2@+00	2.5@+00	2.9@+00	3.3@+00	3.7@+00	4.2@+00	4.8@+00	5.5@+00

0.10	1.0856	1.2233	1.3588	1.4925	1.6242	1.7533	1.8792	2.0007	2.1163
C	1.3027	1.4680	1.6305	1.7910	1.9490	2.1039	2.2550	2.4008	2.5396
CT	1.0856	1.2233	1.3588	1.4925	1.6242	1.7533	1.8792	2.0007	2.1163
PROB. RUINA	2.1@-02	2.5@-03	3.1@-04	4.0@-05	5.3@-06	7.3@-07	1.1@-07	1.6@-08	2.8@-09
PREC. RUINA	2.1@+00	2.6@+00	3.3@+00	4.1@+00	5.2@+00	6.6@+00	8.6@+00	1.2@+01	1.7@+01

0.20	1.0849	1.3072	1.5207	1.7254	1.9184	2.0948	2.2468	2.3644	2.4399
C	1.5189	1.8301	2.1290	2.4156	2.6858	2.9327	3.1455	3.3101	3.4158
CT	1.0849	1.3072	1.5207	1.7254	1.9184	2.0948	2.2468	2.3644	2.4399
PROB. RUINA	3.5@-02	4.9@-03	7.3@-04	1.2@-04	2.1@-05	4.2@-06	1.1@-06	3.8@-07	1.9@-07
PREC. RUINA	2.3@+00	3.2@+00	4.6@+00	6.7@+00	1.0@+01	1.7@+01	3.3@+01	8.2@+01	2.9@+02

0.30	1.0726	1.3519	1.6141	1.8575	2.0742	2.2525	2.3794	2.4512	2.4828
C	1.7161	2.1631	2.5826	2.9720	3.3188	3.6041	3.8070	3.9220	3.9725
CT	1.0726	1.3519	1.6141	1.8575	2.0742	2.2525	2.3794	2.4512	2.4828
PROB. RUINA	4.6@-02	7.0@-03	1.2@-03	2.2@-04	5.1@-05	1.5@-05	6.3@-06	3.9@-06	3.1@-06
PREC. RUINA	2.3@+00	3.6@+00	5.7@+00	9.4@+00	1.7@+01	3.8@+01	1.1@+02	5.1@+02	3.5@+03

V= 0.6

DISPERSION/COSTE
CARGAS

S=0.05

	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.05	1.0391	1.1128	1.1848	1.2553	1.3241	1.3906	1.4538	1.5126	1.5649
C	1.1430	1.2241	1.3033	1.3809	1.4565	1.5296	1.5992	1.6639	1.7214
CT	1.0391	1.1128	1.1848	1.2553	1.3241	1.3906	1.4538	1.5126	1.5649
PROB. RUINA	2.5@-02	3.2@-03	4.2@-04	5.8@-05	8.4@-06	1.3@-06	2.2@-07	4.2@-08	9.5@-09
PREC. RUINA	3.0@+00	3.7@+00	4.5@+00	5.7@+00	7.3@+00	9.7@+00	1.4@+01	2.1@+01	3.5@+01

0.10	1.0323	1.1564	1.2729	1.3811	1.4774	1.5567	1.6130	1.6450	1.6590
C	1.2387	1.3877	1.5275	1.6573	1.7729	1.8680	1.9357	1.9740	1.9908
CT	1.0323	1.1564	1.2729	1.3811	1.4774	1.5567	1.6130	1.6450	1.6590
PROB. RUINA	4.6@-02	7.0@-03	1.2@-03	2.2@-04	5.1@-05	1.5@-05	6.3@-06	3.9@-06	3.1@-06
PREC. RUINA	3.2@+00	4.5@+00	6.6@+00	1.0@+01	1.8@+01	3.9@+01	1.1@+02	5.1@+02	3.5@+03

0.20	1.0023	1.1914	1.3552	1.4882	1.5811	1.6326	1.6548	1.6628	1.6654
C	1.4032	1.6679	1.8973	2.0834	2.2135	2.2856	2.3167	2.3279	2.3316
CT	1.0023	1.1914	1.3552	1.4882	1.5811	1.6326	1.6548	1.6628	1.6654
PROB. RUINA	7.3@-02	1.4@-02	3.2@-03	9.7@-04	4.2@-04	2.7@-04	2.2@-04	2.0@-04	2.0@-04
PREC. RUINA	3.2@+00	5.6@+00	1.0@+01	2.4@+01	7.3@+01	3.5@+02	2.4@+03	2.1@+04	2.0@+05

0.30	0.9732	1.2032	1.3907	1.5276	1.6087	1.6459	1.6598	1.6644	1.6660
C	1.5571	1.9251	2.2251	2.4442	2.5739	2.6334	2.6556	2.6631	2.6655
CT	0.9732	1.2032	1.3907	1.5276	1.6087	1.6459	1.6598	1.6644	1.6660
PROB. RUINA	8.9e-02	1.9e-02	5.4e-03	2.1e-03	1.2e-03	9.4e-04	8.5e-04	8.3e-04	8.2e-04
PREC. RUINA	3.2e+00	6.2e+00	1.4e+01	3.9e+01	1.7e+02	1.1e+03	9.0e+03	8.4e+04	8.2e+05

V= 0.8

DISPERSION/COSTE
CARGAS

0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.05	0.9936	1.0577	1.1148	1.1643	1.2032	1.2288	1.2419	1.2472	1.2491
C	1.0930	1.1635	1.2263	1.2807	1.3235	1.3516	1.3661	1.3720	1.3740
CT	0.9936	1.0577	1.1148	1.1643	1.2032	1.2288	1.2419	1.2472	1.2491
PROB. RUINA	8.8e-02	1.5e-02	3.0e-03	7.6e-04	2.5e-04	1.2e-04	8.5e-05	7.3e-05	6.9e-05
PREC. RUINA	5.7e+00	8.4e+00	1.3e+01	2.5e+01	5.7e+01	2.0e+02	1.0e+03	7.9e+03	7.1e+04

0.10	0.9612	1.0622	1.1418	1.1976	1.2289	1.2426	1.2476	1.2492	1.2498
C	1.1534	1.2747	1.3701	1.4371	1.4747	1.4911	1.4971	1.4991	1.4997
CT	0.9612	1.0622	1.1418	1.1976	1.2289	1.2426	1.2476	1.2492	1.2498
PROB. RUINA	1.3e-01	2.9e-02	8.7e-03	3.7e-03	2.3e-03	1.9e-03	1.7e-03	1.7e-03	1.7e-03
PREC. RUINA	5.5e+00	1.0e+01	2.2e+01	6.6e+01	3.0e+02	2.1e+03	1.8e+04	1.7e+05	1.7e+06

0.20	0.9073	1.0540	1.1543	1.2111	1.2362	1.2455	1.2485	1.2495	1.2499
C	1.2703	1.4757	1.6160	1.6955	1.7307	1.7437	1.7480	1.7494	1.7498
CT	0.9073	1.0540	1.1543	1.2111	1.2362	1.2455	1.2485	1.2495	1.2499
PROB. RUINA	1.6e-01	4.7e-02	1.9e-02	1.2e-02	9.3e-03	8.5e-03	8.3e-03	8.2e-03	8.2e-03
PREC. RUINA	4.9e+00	1.1e+01	3.4e+01	1.5e+02	1.0e+03	8.9e+03	8.4e+04	8.3e+05	8.2e+06

0.30	0.8683	1.0441	1.1561	1.2140	1.2377	1.2460	1.2487	1.2496	1.2499
C	1.3893	1.6706	1.8497	1.9423	1.9803	1.9936	1.9980	1.9994	1.9998
CT	0.8683	1.0441	1.1561	1.2140	1.2377	1.2460	1.2487	1.2496	1.2499
PROB. RUINA	1.7e-01	5.6e-02	2.6e-02	1.8e-02	1.5e-02	1.4e-02	1.4e-02	1.4e-02	1.4e-02
PREC. RUINA	4.6e+00	1.2e+01	4.2e+01	2.2e+02	1.6e+03	1.5e+04	1.4e+05	1.4e+06	1.4e+07

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.10 = SR

V= 0.0

DISPERSION/COSTE
CARGAS

0.00	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.00	1.0479	1.1270	1.1969	1.2613	1.3221	1.3804	1.4367	1.4916	1.5454
C	1.3098	1.4087	1.4961	1.5766	1.6527	1.7255	1.7959	1.8645	1.9317
CT	1.0479	1.1270	1.1969	1.2613	1.3221	1.3804	1.4367	1.4916	1.5454
PROB. RUINA	3.4e-03	3.0e-04	2.8e-05	2.7e-06	2.5e-07	2.5e-08	2.4e-09	2.3e-10	2.3e-11
PREC. RUINA	1.1e+00	1.2e+00	1.2e+00	1.3e+00	1.3e+00	1.4e+00	1.5e+00	1.5e+00	1.6e+00

0.05	0.9799	1.0884	1.1970	1.3055	1.4141	1.5227	1.6312	1.7398	1.8484
C	1.3473	1.4966	1.6458	1.7951	1.9444	2.0937	2.2430	2.3922	2.5415
CT	0.9799	1.0884	1.1970	1.3055	1.4141	1.5227	1.6312	1.7398	1.8484
PROB. RUINA	4.7e-03	4.7e-04	4.7e-05	4.7e-06	4.7e-07	4.7e-08	4.7e-09	4.7e-10	4.7e-11
PREC. RUINA	1.0e+00	1.1e+00	1.2e+00	1.4e+00	1.5e+00	1.6e+00	1.7e+00	1.8e+00	1.9e+00

0.10	0.9960	1.1469	1.2977	1.4485	1.5994	1.7502	1.9010	2.0518	2.2027
C	1.4941	1.7203	1.9465	2.1728	2.3990	2.6253	2.8515	3.0778	3.3040
CT	0.9960	1.1469	1.2977	1.4485	1.5994	1.7502	1.9010	2.0518	2.2027
PROB. RUINA	6.6e-03	6.6e-04	6.6e-05	6.6e-06	6.6e-07	6.6e-08	6.6e-09	6.6e-10	6.6e-11
PREC. RUINA	1.1e+00	1.2e+00	1.4e+00	1.5e+00	1.7e+00	1.8e+00	2.0e+00	2.1e+00	2.3e+00

0.20	1.0419	1.2785	1.5151	1.7517	1.9883	2.2249	2.4616	2.6982	2.9348
C	1.8233	2.2373	2.6514	3.0655	3.4796	3.8937	4.3077	4.7218	5.1359
CT	1.0419	1.2785	1.5151	1.7517	1.9883	2.2249	2.4616	2.6982	2.9348
PROB. RUINA	1.0e-02	1.0e-03	1.0e-04	1.0e-05	1.0e-06	1.0e-07	1.0e-08	1.0e-09	1.0e-10
PREC. RUINA	1.1e+00	1.4e+00	1.6e+00	1.9e+00	2.1e+00	2.3e+00	2.6e+00	2.8e+00	3.0e+00

0.30	1.0572	1.3515	1.6458	1.9401	2.2344	2.5287	2.8230	3.1173	3.4115
C	2.1144	2.7030	3.2916	3.8802	4.4688	5.0574	5.6459	6.2345	6.8231
CT	1.0572	1.3515	1.6458	1.9401	2.2344	2.5287	2.8230	3.1173	3.4115
PROB. RUINA	1.3e-02	1.3e-03	1.3e-04	1.3e-05	1.3e-06	1.3e-07	1.3e-08	1.3e-09	1.3e-10
PREC. RUINA	1.2e+00	1.5e+00	1.8e+00	2.1e+00	2.4e+00	2.7e+00	3.0e+00	3.2e+00	3.5e+00

V= 0.2										
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
sq=0.00	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	1.0302	1.1107	1.1811	1.2457	1.3064	1.3645	1.4206	1.4751	1.5284	
CT	1.2877	1.3884	1.4764	1.5571	1.6330	1.7056	1.7757	1.8439	1.9105	
PROB. RUINA	1.0302	1.1107	1.1811	1.2457	1.3064	1.3645	1.4206	1.4751	1.5284	
PREC. RUINA	5.6e-03	5.2e-04	4.9e-05	4.8e-06	4.7e-07	4.7e-08	4.7e-09	4.7e-10	4.8e-11	
	1.4e+00	1.5e+00	1.6e+00	1.7e+00	1.8e+00	1.9e+00	2.0e+00	2.1e+00	2.2e+00	
0.05	0.9598	1.0658	1.1718	1.2777	1.3836	1.4893	1.5950	1.7006	1.8061	
C	1.3197	1.4655	1.6112	1.7569	1.9024	2.0478	2.1931	2.3383	2.4834	
CT	0.9598	1.0658	1.1718	1.2777	1.3836	1.4893	1.5950	1.7006	1.8061	
PROB. RUINA	7.2e-03	7.6e-04	8.0e-05	8.5e-06	9.0e-07	9.6e-08	1.0e-08	1.1e-09	1.2e-10	
PREC. RUINA	1.3e+00	1.4e+00	1.6e+00	1.8e+00	2.0e+00	2.2e+00	2.4e+00	2.7e+00	2.9e+00	
0.10	0.9679	1.1139	1.2597	1.4053	1.5507	1.6959	1.8409	1.9856	2.1299	
C	1.4518	1.6708	1.8895	2.1079	2.3261	2.5439	2.7613	2.9783	3.1949	
CT	0.9679	1.1139	1.2597	1.4053	1.5507	1.6959	1.8409	1.9856	2.1299	
PROB. RUINA	1.0e-02	1.1e-03	1.2e-04	1.3e-05	1.4e-06	1.5e-07	1.6e-08	1.8e-09	2.0e-10	
PREC. RUINA	1.3e+00	1.5e+00	1.8e+00	2.1e+00	2.4e+00	2.7e+00	3.1e+00	3.5e+00	3.9e+00	
0.20	0.9962	1.2209	1.4450	1.6683	1.8907	2.1121	2.3324	2.5514	2.7689	
C	1.7433	2.1366	2.5287	2.9195	3.3087	3.6962	4.0818	4.4650	4.8457	
CT	0.9962	1.2209	1.4450	1.6683	1.8907	2.1121	2.3324	2.5514	2.7689	
PROB. RUINA	1.6e-02	1.8e-03	2.0e-04	2.3e-05	2.7e-06	3.1e-07	3.6e-08	4.3e-09	5.2e-10	
PREC. RUINA	1.4e+00	1.8e+00	2.2e+00	2.7e+00	3.3e+00	4.0e+00	4.7e+00	5.6e+00	6.7e+00	
0.30	1.0002	1.2762	1.5509	1.8241	2.0955	2.3649	2.6319	2.8960	3.1565	
C	2.0003	2.5524	3.1018	3.6482	4.1911	4.7299	5.2639	5.7920	6.3130	
CT	1.0002	1.2762	1.5509	1.8241	2.0955	2.3649	2.6319	2.8960	3.1565	
PROB. RUINA	2.0e-02	2.3e-03	2.7e-04	3.2e-05	3.8e-06	4.6e-07	5.7e-08	7.2e-09	9.4e-10	
PREC. RUINA	1.4e+00	1.9e+00	2.5e+00	3.2e+00	4.0e+00	4.9e+00	6.1e+00	7.6e+00	9.5e+00	

V= 0.4

DISPERSION | COSTE

CARGAS

S₀=0.00

	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
1.0071	1.0892	1.1599	1.2242	1.2844	1.3417	1.3969	1.4504	1.5026	
C	1.2589	1.3615	1.4498	1.5302	1.6055	1.6771	1.7461	1.8130	1.8782
CT	1.0071	1.0892	1.1599	1.2242	1.2844	1.3417	1.3969	1.4504	1.5026
PROB. RUINA	1.00e-02	1.00e-03	1.00e-04	1.10e-05	1.10e-06	1.20e-07	1.20e-08	1.30e-09	1.50e-10
PREC. RUINA	1.80e+00	2.00e+00	2.30e+00	2.50e+00	2.80e+00	3.00e+00	3.30e+00	3.60e+00	3.90e+00

0.05

0.9356	1.0378	1.1396	1.2409	1.3416	1.4416	1.5409	1.6393	1.7365	
C	1.2865	1.4270	1.5669	1.7062	1.8447	1.9822	2.1187	2.2540	2.3877
CT	0.9356	1.0378	1.1396	1.2409	1.3416	1.4416	1.5409	1.6393	1.7365
PROB. RUINA	1.20e-02	1.40e-03	1.60e-04	1.90e-05	2.20e-06	2.60e-07	3.20e-08	4.00e-09	5.10e-10
PREC. RUINA	1.60e+00	1.90e+00	2.30e+00	2.60e+00	3.10e+00	3.70e+00	4.30e+00	5.20e+00	6.20e+00

0.10

0.9347	1.0734	1.2109	1.3471	1.4817	1.6142	1.7443	1.8711	1.9935	
C	1.4020	1.6101	1.8164	2.0207	2.2225	2.4214	2.6164	2.8066	2.9903
CT	0.9347	1.0734	1.2109	1.3471	1.4817	1.6142	1.7443	1.8711	1.9935
PROB. RUINA	1.70e-02	2.00e-03	2.50e-04	3.10e-05	3.90e-06	5.20e-07	7.20e-08	1.00e-08	1.60e-09
PREC. RUINA	1.70e+00	2.10e+00	2.60e+00	3.20e+00	4.00e+00	5.10e+00	6.50e+00	8.50e+00	1.10e+01

0.20

0.9444	1.1516	1.3547	1.5523	1.7428	1.9234	2.0900	2.2361	2.3528	
C	1.6526	2.0153	2.3707	2.7166	3.0500	3.3660	3.6575	3.9131	4.1173
CT	0.9444	1.1516	1.3547	1.5523	1.7428	1.9234	2.0900	2.2361	2.3528
PROB. RUINA	2.70e-02	3.50e-03	4.90e-04	7.20e-05	1.10e-05	1.90e-06	3.80e-07	9.20e-08	3.00e-08
PREC. RUINA	1.80e+00	2.50e+00	3.40e+00	4.80e+00	6.90e+00	1.00e+01	1.70e+01	3.00e+01	7.00e+01

0.30

0.9371	1.1869	1.4291	1.6610	1.8786	2.0755	2.2422	2.3671	2.4434	
C	1.8743	2.3738	2.8582	3.3220	3.7571	4.1509	4.4844	4.7342	4.8867
CT	0.9371	1.1869	1.4291	1.6610	1.8786	2.0755	2.2422	2.3671	2.4434
PROB. RUINA	3.30e-02	4.60e-03	7.00e-04	1.10e-04	2.10e-05	4.40e-06	1.20e-06	4.50e-07	2.50e-07
PREC. RUINA	1.80e+00	2.70e+00	4.00e+00	6.10e+00	9.60e+00	1.70e+01	3.40e+01	9.00e+01	3.60e+02

V= 0.6

DISPERSION | COSTE

CARGAS

	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.9749	1.0584	1.1283	1.1909	1.2487	1.3029	1.3542	1.4030	1.4495	
C	1.2187	1.3231	1.4104	1.4886	1.5608	1.6286	1.6928	1.7538	1.8119
CT	0.9749	1.0584	1.1283	1.1909	1.2487	1.3029	1.3542	1.4030	1.4495
PROB. RUINA	2.00e-02	2.50e-03	2.90e-04	3.50e-05	4.30e-06	5.40e-07	7.10e-08	9.70e-09	1.40e-09
PREC. RUINA	2.50e+00	3.20e+00	3.80e+00	4.50e+00	5.40e+00	6.50e+00	7.90e+00	9.80e+00	1.30e+01

0.05

0.9059	1.0018	1.0959	1.1879	1.2771	1.3623	1.4422	1.5142	1.5749	
C	1.2456	1.3774	1.5069	1.6334	1.7560	1.8732	1.9830	2.0821	2.1655
CT	0.9059	1.0018	1.0959	1.1879	1.2771	1.3623	1.4422	1.5142	1.5749
PROB. RUINA	2.30e-02	3.00e-03	4.00e-04	5.70e-05	8.60e-06	1.40e-06	2.60e-07	5.60e-08	1.60e-08
PREC. RUINA	2.20e+00	2.80e+00	3.60e+00	4.70e+00	6.30e+00	8.90e+00	1.30e+01	2.20e+01	4.40e+01

0.10

0.8951	1.0224	1.1454	1.2628	1.3722	1.4701	1.5512	1.6097	1.6433	
C	1.3427	1.5335	1.7181	1.8942	2.0584	2.2052	2.3269	2.4145	2.4650
CT	0.8951	1.0224	1.1454	1.2628	1.3722	1.4701	1.5512	1.6097	1.6433
PROB. RUINA	3.10e-02	4.40e-03	6.70e-04	1.10e-04	2.10e-05	4.70e-06	1.40e-06	5.60e-07	3.30e-07
PREC. RUINA	2.20e+00	3.10e+00	4.30e+00	6.30e+00	9.90e+00	1.70e+01	3.60e+01	1.00e+02	4.50e+02

0.20	0.8860	1.0680	1.2367	1.3858	1.5067	1.5906	1.6366	1.6562	1.6632
C	1.5505	1.8691	2.1642	2.4251	2.6367	2.7835	2.8640	2.8983	2.9107
CT	0.8860	1.0680	1.2367	1.3858	1.5067	1.5906	1.6366	1.6562	1.6632
PROB. RUINA	4.7@-02	8.0@-03	1.5@-03	3.6@-04	1.1@-04	4.9@-05	3.2@-05	2.6@-05	2.4@-05
PREC. RUINA	2.4@+00	3.8@+00	6.3@+00	1.2@+01	2.7@+01	8.4@+01	4.1@+02	2.9@+03	2.5@+04

0.30	0.8689	1.0832	1.2754	1.4353	1.5514	1.6192	1.6497	1.6611	1.6649
C	1.7378	2.1664	2.5508	2.8707	3.1029	3.2384	3.2995	3.3221	3.3297
CT	0.8689	1.0832	1.2754	1.4353	1.5514	1.6192	1.6497	1.6611	1.6649
PROB. RUINA	5.6@-02	1.0@-02	2.3@-03	6.6@-04	2.7@-04	1.6@-04	1.2@-04	1.1@-04	1.1@-04
PREC. RUINA	2.4@+00	4.1@+00	7.8@+00	1.7@+01	4.9@+01	2.1@+02	1.4@+03	1.2@+04	1.1@+05

V= 0.8									
DISPERSION/COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS									
X 0. (X)	0.9258	1.0089	1.0731	1.1263	1.1703	1.2047	1.2283	1.2413	1.2470
C	1.1573	1.2611	1.3414	1.4079	1.4629	1.5059	1.5354	1.5517	1.5587
CT	0.9258	1.0089	1.0731	1.1263	1.1703	1.2047	1.2283	1.2413	1.2470
ROB. RUINA	-3.3@-02	9.6@-03	1.6@-03	3.1@-04	7.1@-05	2.1@-05	9.0@-06	5.6@-06	4.5@-06
REC. RUINA	3.2@+00	6.2@+00	9.2@+00	1.5@+01	2.5@+01	5.5@+01	1.6@+02	7.4@+02	5.1@+03

0.05	0.8681	0.9529	1.0322	1.1034	1.1629	1.2063	1.2319	1.2435	1.2479
C	1.1936	1.3103	1.4193	1.5172	1.5990	1.6587	1.6939	1.7098	1.7158
CT	0.8681	0.9529	1.0322	1.1034	1.1629	1.2063	1.2319	1.2435	1.2479
PROB. RUINA	5.0@-02	8.3@-03	1.6@-03	3.4@-04	9.7@-05	3.9@-05	2.2@-05	1.8@-05	1.6@-05
PREC. RUINA	3.3@+00	4.8@+00	7.5@+00	1.3@+01	2.6@+01	7.3@+01	3.1@+02	2.0@+03	1.7@+04

0.10	0.8476	0.9569	1.0546	1.1354	1.1936	1.2270	1.2418	1.2473	1.2491
C	1.2713	1.4353	1.5819	1.7032	1.7903	1.8404	1.8628	1.8710	1.8737
CT	0.8476	0.9569	1.0546	1.1354	1.1936	1.2270	1.2418	1.2473	1.2491
PROB. RUINA	6.3@-02	1.2@-02	2.7@-03	7.8@-04	3.2@-04	1.9@-04	1.5@-04	1.4@-04	1.4@-04
PREC. RUINA	3.3@+00	5.3@+00	9.4@+00	2.0@+01	5.9@+01	2.6@+02	1.7@+03	1.5@+04	1.4@+05

0.20	0.8217	0.9706	1.0911	1.1746	1.2202	1.2397	1.2466	1.2489	1.2497
C	1.4380	1.6985	1.9095	2.0555	2.1354	2.1694	2.1816	2.1856	2.1869
CT	0.8217	0.9706	1.0911	1.1746	1.2202	1.2397	1.2466	1.2489	1.2497
PROB. RUINA	8.8@-02	2.1@-02	6.4@-03	2.8@-03	1.8@-03	1.5@-03	1.4@-03	1.4@-03	1.4@-03
REC. RUINA	3.3@+00	6.4@+00	1.5@+01	4.8@+01	2.3@+02	1.6@+03	1.4@+04	1.4@+05	1.4@+06

0.30	0.7975	0.9695	1.1014	1.1849	1.2258	1.2419	1.2474	1.2492	1.2497
C	1.5950	1.9390	2.2028	2.3697	2.4517	2.4837	2.4947	2.4983	2.4995
CT	0.7975	0.9695	1.1014	1.1849	1.2258	1.2419	1.2474	1.2492	1.2497
PROB. RUINA	9.8@-02	2.5@-02	9.0@-03	4.7@-03	3.4@-03	3.0@-03	2.9@-03	2.8@-03	2.8@-03
PREC. RUINA	3.2@+00	6.9@+00	1.8@+01	7.0@+01	4.1@+02	3.2@+03	2.9@+04	2.9@+05	2.8@+06

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.20 \approx 5/2

V= 0.0										
DISPERSION	COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS										
SA=0.00		0.9805	1.1412	1.2914	1.4374	1.5819	1.7264	1.8721	2.0194	2.1689
C		1.6342	1.9020	2.1523	2.3956	2.6364	2.8774	3.1201	3.3657	3.6149
CT		0.9805	1.1412	1.2914	1.4374	1.5819	1.7264	1.8721	2.0194	2.1689
PROB. RUINA		6.8@-03	6.5@-04	6.3@-05	6.3@-06	6.3@-07	6.3@-08	6.4@-09	6.5@-10	6.6@-11
PREC. RUINA		1.0@+00	1.2@+00	1.4@+00	1.5@+00	1.6@+00	1.8@+00	1.9@+00	2.1@+00	2.2@+00

0.05		0.8937	1.0555	1.2172	1.3789	1.5407	1.7024	1.8642	2.0259	2.1876
C		1.6385	1.9350	2.2316	2.5281	2.8246	3.1211	3.4176	3.7141	4.0106
CT		0.8937	1.0555	1.2172	1.3789	1.5407	1.7024	1.8642	2.0259	2.1876
PROB. RUINA		7.0@-03	7.0@-04	7.0@-05	7.0@-06	7.0@-07	7.0@-08	7.0@-09	7.0@-10	7.0@-11
PREC. RUINA		9.6@-01	1.1@+00	1.3@+00	1.4@+00	1.6@+00	1.8@+00	1.9@+00	2.1@+00	2.3@+00

0.10		0.8880	1.0733	1.2585	1.4438	1.6290	1.8143	1.9995	2.1848	2.3700
C		1.7760	2.1465	2.5170	2.8875	3.2580	3.6285	3.9991	4.3696	4.7401
CT		0.8880	1.0733	1.2585	1.4438	1.6290	1.8143	1.9995	2.1848	2.3700
PROB. RUINA		8.0@-03	8.0@-04	8.0@-05	8.0@-06	8.0@-07	8.0@-08	8.0@-09	8.0@-10	8.0@-11
PREC. RUINA		9.7@-01	1.2@+00	1.3@+00	1.5@+00	1.7@+00	1.9@+00	2.1@+00	2.3@+00	2.5@+00

0.20		0.9050	1.1455	1.3860	1.6265	1.8670	2.1075	2.3480	2.5885	2.8290
C		2.1117	2.6729	3.2341	3.7952	4.3564	4.9176	5.4787	6.0399	6.6011
CT		0.9050	1.1455	1.3860	1.6265	1.8670	2.1075	2.3480	2.5885	2.8290
PROB. RUINA		1.0@-02	1.0@-03	1.0@-04	1.0@-05	1.0@-06	1.0@-07	1.0@-08	1.0@-09	1.0@-10
PREC. RUINA		1.0@+00	1.2@+00	1.5@+00	1.7@+00	2.0@+00	2.2@+00	2.5@+00	2.7@+00	2.9@+00

0.30		0.9058	1.1821	1.4585	1.7348	2.0112	2.2875	2.5639	2.8402	3.1166
C		2.4154	3.1524	3.8893	4.6262	5.3631	6.1000	6.8370	7.5739	8.3108
CT		0.9058	1.1821	1.4585	1.7348	2.0112	2.2875	2.5639	2.8402	3.1166
PROB. RUINA		1.2@-02	1.2@-03	1.2@-04	1.2@-05	1.2@-06	1.2@-07	1.2@-08	1.2@-09	1.2@-10
PREC. RUINA		1.0@+00	1.3@+00	1.6@+00	1.9@+00	2.1@+00	2.4@+00	2.7@+00	3.0@+00	3.2@+00

0.2										
DISPERSION	COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS										
SA=0.00		0.9490	1.1075	1.2543	1.3961	1.5359	1.6751	1.8148	1.9557	2.0980
C		1.5816	1.8458	2.0905	2.3268	2.5598	2.7919	3.0247	3.2594	3.4966
CT		0.9490	1.1075	1.2543	1.3961	1.5359	1.6751	1.8148	1.9557	2.0980
PROB. RUINA		1.0@-02	1.1@-03	1.1@-04	1.2@-05	1.3@-06	1.4@-07	1.6@-08	1.7@-09	1.9@-10
PREC. RUINA		1.3@+00	1.5@+00	1.8@+00	2.1@+00	2.3@+00	2.7@+00	3.0@+00	3.4@+00	3.8@+00

0.05		0.8670	1.0233	1.1794	1.3353	1.4909	1.6463	1.8014	1.9562	2.1106
C		1.5895	1.8761	2.1623	2.4480	2.7334	3.0182	3.3026	3.5863	3.8694
CT		0.8670	1.0233	1.1794	1.3353	1.4909	1.6463	1.8014	1.9562	2.1106
PROB. RUINA		1.0@-02	1.1@-03	1.2@-04	1.3@-05	1.4@-06	1.6@-07	1.7@-08	1.9@-09	2.1@-10
PREC. RUINA		1.2@+00	1.4@+00	1.7@+00	2.0@+00	2.3@+00	2.6@+00	3.0@+00	3.4@+00	3.9@+00

0.10	0.8577	1.0359	1.2138	1.3913	1.5684	1.7452	1.9215	2.0973	2.2725
C	1.7154	2.0718	2.4275	2.7826	3.1369	3.4904	3.8430	4.1946	4.5450
CT	0.8577	1.0359	1.2138	1.3913	1.5684	1.7452	1.9215	2.0973	2.2725
PROB. RUINA	1.2@-02	1.3@-03	1.4@-04	1.5@-05	1.7@-06	1.9@-07	2.1@-08	2.4@-09	2.7@-10
PREC. RUINA	1.2@+00	1.4@+00	1.7@+00	2.1@+00	2.5@+00	2.9@+00	3.3@+00	3.9@+00	4.4@+00

0.20	0.8653	1.0939	1.3219	1.5491	1.7754	2.0008	2.2250	2.4480	2.6696
C	2.0191	2.5525	3.0844	3.6145	4.1426	4.6685	5.1917	5.7121	6.2290
CT	0.8653	1.0939	1.3219	1.5491	1.7754	2.0008	2.2250	2.4480	2.6696
PROB. RUINA	1.5@-02	1.7@-03	1.9@-04	2.2@-05	2.5@-06	2.9@-07	3.4@-08	4.0@-09	4.8@-10
PREC. RUINA	1.2@+00	1.6@+00	2.0@+00	2.5@+00	3.0@+00	3.6@+00	4.3@+00	5.2@+00	6.2@+00

0.30	0.8605	1.1212	1.3809	1.6395	1.8967	2.1524	2.4063	2.6581	2.9075
C	2.2946	2.9898	3.6824	4.3719	5.0578	5.7397	6.4168	7.0884	7.7533
CT	0.8605	1.1212	1.3809	1.6395	1.8967	2.1524	2.4063	2.6581	2.9075
PROB. RUINA	1.8@-02	2.0@-03	2.3@-04	2.7@-05	3.1@-06	3.7@-07	4.5@-08	5.5@-09	6.9@-10
PREC. RUINA	1.2@+00	1.6@+00	2.1@+00	2.7@+00	3.4@+00	4.1@+00	5.1@+00	6.2@+00	7.6@+00

V= 0.4										
DISPERSION/COSTE										
CARGAS	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
S ₀ =0.00	0.9112	1.0656	1.2062	1.3403	1.4706	1.5984	1.7241	1.8476	1.9684	
C	1.5186	1.7760	2.0104	2.2338	2.4509	2.6639	2.8735	3.0794	3.2806	
CT	0.9112	1.0656	1.2062	1.3403	1.4706	1.5984	1.7241	1.8476	1.9684	
PROB. RUINA	1.6@-02	2.0@-03	2.4@-04	2.9@-05	3.7@-06	4.8@-07	6.6@-08	9.4@-09	1.4@-09	
PREC. RUINA	1.6@+00	2.1@+00	2.6@+00	3.2@+00	3.9@+00	4.9@+00	6.2@+00	8.0@+00	1.1@+01	

0.05	0.8365	0.9851	1.1325	1.2783	1.4225	1.5644	1.7035	1.8390	1.9698
C	1.5336	1.8060	2.0762	2.3436	2.6078	2.8680	3.1230	3.3715	3.6113
CT	0.8365	0.9851	1.1325	1.2783	1.4225	1.5644	1.7035	1.8390	1.9698
PROB. RUINA	1.6@-02	1.9@-03	2.3@-04	2.9@-05	3.8@-06	5.0@-07	6.9@-08	1.0@-08	1.6@-09
PREC. RUINA	1.4@+00	1.8@+00	2.3@+00	2.9@+00	3.7@+00	4.7@+00	6.0@+00	8.0@+00	1.1@+01

0.10	0.8237	0.9919	1.1584	1.3226	1.4841	1.6422	1.7957	1.9431	2.0822
C	1.6474	1.9839	2.3167	2.6452	2.9682	3.2843	3.5914	3.8863	4.1643
CT	0.8237	0.9919	1.1584	1.3226	1.4841	1.6422	1.7957	1.9431	2.0822
PROB. RUINA	1.8@-02	2.2@-03	2.8@-04	3.6@-05	4.9@-06	6.8@-07	1.0@-07	1.6@-08	2.9@-09
PREC. RUINA	1.4@+00	1.9@+00	2.4@+00	3.2@+00	4.1@+00	5.5@+00	7.4@+00	1.0@+01	1.5@+01

0.20	0.8218	1.0340	1.2425	1.4461	1.6433	1.8319	2.0083	2.1673	2.3007
C	1.9175	2.4127	2.8991	3.3742	3.8344	4.2744	4.6861	5.0569	5.3683
CT	0.8218	1.0340	1.2425	1.4461	1.6433	1.8319	2.0083	2.1673	2.3007
PROB. RUINA	2.3@-02	3.0@-03	4.1@-04	5.9@-05	8.9@-06	1.5@-06	2.7@-07	5.9@-08	1.6@-08
PREC. RUINA	1.5@+00	2.1@+00	2.9@+00	4.0@+00	5.7@+00	8.3@+00	1.3@+01	2.2@+01	4.5@+01

0.30	0.8116	1.0512	1.2852	1.5120	1.7289	1.9319	2.1149	2.2688	2.3825
C	2.1642	2.8032	3.4273	4.0320	4.6103	5.1516	5.6397	6.0501	6.3535
CT	0.8116	1.0512	1.2852	1.5120	1.7289	1.9319	2.1149	2.2688	2.3825
PROB. RUINA	2.6@-02	3.6@-03	5.1@-04	7.7@-05	1.3@-05	2.3@-06	5.1@-07	1.4@-07	5.4@-08
PREC. RUINA	1.5@+00	2.2@+00	3.2@+00	4.6@+00	6.9@+00	1.1@+01	1.9@+01	3.9@+01	1.1@+02

V= 0.6

DISPERSION / COSTE
CARGAS

	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.00	0.8653	1.0121	1.1409	1.2585	1.3664	1.4627	1.5437	1.6039	1.6401
C	1.4422	1.6868	1.9014	2.0976	2.2773	2.4379	2.5729	2.6731	2.7336
CT	0.8653	1.0121	1.1409	1.2585	1.3664	1.4627	1.5437	1.6039	1.6401
PROB. RUINA	2.3@-02	4.4@-03	6.5@-04	1.1@-04	1.9@-05	4.2@-06	1.2@-06	4.4@-07	2.5@-07
PREC. RUINA	2.0@+00	3.0@+00	4.3@+00	6.2@+00	9.5@+00	1.6@+01	3.2@+01	8.7@+01	3.5@+02

0.05	0.8016	0.9390	1.0723	1.2001	1.3201	1.4289	1.5214	1.5912	1.6342
C	1.4696	1.7216	1.9660	2.2002	2.4201	2.6196	2.7892	2.9171	2.9961
CT	0.8016	0.9390	1.0723	1.2001	1.3201	1.4289	1.5214	1.5912	1.6342
PROB. RUINA	2.6@-02	3.7@-03	5.5@-04	9.0@-05	1.6@-05	3.5@-06	9.2@-07	3.4@-07	1.9@-07
PREC. RUINA	1.8@+00	2.5@+00	3.6@+00	5.2@+00	8.0@+00	1.3@+01	2.7@+01	6.9@+01	2.7@+02

0.10	0.7855	0.9397	1.0882	1.2287	1.3578	1.4702	1.5589	1.6176	1.6479
C	1.5709	1.8795	2.1765	2.4574	2.7156	2.9404	3.1178	3.2352	3.2958
CT	0.7855	0.9397	1.0882	1.2287	1.3578	1.4702	1.5589	1.6176	1.6479
PROB. RUINA	2.9@-02	4.2@-03	6.7@-04	1.2@-04	2.3@-05	5.8@-06	1.9@-06	9.3@-07	6.4@-07
PREC. RUINA	1.8@+00	2.6@+00	3.8@+00	5.8@+00	9.7@+00	1.8@+01	4.3@+01	1.5@+02	7.8@+02

0.20	0.7745	0.9649	1.1438	1.3065	1.4453	1.5507	1.6164	1.6482	1.6605
C	1.8071	2.2513	2.6690	3.0485	3.3724	3.6184	3.7717	3.8458	3.8744
CT	0.7745	0.9649	1.1438	1.3065	1.4453	1.5507	1.6164	1.6482	1.6605
PROB. RUINA	3.6@-02	5.9@-03	1.1@-03	2.2@-04	5.9@-05	2.2@-05	1.2@-05	8.5@-06	7.5@-06
PREC. RUINA	1.8@+00	2.9@+00	4.7@+00	8.3@+00	1.7@+01	4.4@+01	1.7@+02	1.0@+03	8.0@+03

0.30	0.7597	0.9721	1.1686	1.3421	1.4825	1.5794	1.6323	1.6547	1.6628
C	2.0260	2.5922	3.1162	3.5790	3.9533	4.2118	4.3528	4.4126	4.4340
CT	0.7597	0.9721	1.1686	1.3421	1.4825	1.5794	1.6323	1.6547	1.6628
PROB. RUINA	4.1@-02	6.9@-03	1.3@-03	3.2@-04	9.8@-05	4.4@-05	2.8@-05	2.3@-05	2.2@-05
PREC. RUINA	1.8@+00	3.0@+00	5.3@+00	1.0@+01	2.3@+01	7.4@+01	3.6@+02	2.6@+03	2.3@+04

V= 0.8

DISPERSION / COSTE
CARGAS

0.00	0.8095	0.9427	1.0489	1.1327	1.1920	1.2262	1.2415	1.2472	1.2491
C	1.3492	1.5711	1.7481	1.8878	1.9866	2.0436	2.0692	2.0787	2.0818
CT	0.8095	0.9427	1.0489	1.1327	1.1920	1.2262	1.2415	1.2472	1.2491
PROB. RUINA	1.6@-02	1.1@-02	2.6@-03	7.4@-04	3.0@-04	1.8@-04	1.4@-04	1.3@-04	1.2@-04
PREC. RUINA	2.1@+00	4.9@+00	9.1@+00	1.9@+01	5.6@+01	2.4@+02	1.6@+03	1.3@+04	1.2@+05

0.05	0.7617	0.8832	0.9943	1.0901	1.1643	1.2119	1.2357	1.2452	1.2484
C	1.3964	1.6192	1.8229	1.9985	2.1345	2.2219	2.2655	2.2828	2.2888
CT	0.7617	0.8832	0.9943	1.0901	1.1643	1.2119	1.2357	1.2452	1.2484
PROB. RUINA	4.6@-02	8.2@-03	1.7@-03	4.3@-04	1.5@-04	7.6@-05	5.4@-05	4.7@-05	4.5@-05
PREC. RUINA	2.4@+00	3.8@+00	6.5@+00	1.3@+01	3.2@+01	1.2@+02	6.5@+02	5.0@+03	4.6@+04

0.10	0.7428	0.8782	0.9997	1.1012	1.1754	1.2191	1.2389	1.2463	1.2488
C	1.4857	1.7563	1.9994	2.2025	2.3508	2.4381	2.4779	2.4927	2.4976
CT	0.7428	0.8782	0.9997	1.1012	1.1754	1.2191	1.2389	1.2463	1.2488
PROB. RUINA	4.9@-02	9.1@-03	2.0@-03	5.7@-04	2.3@-04	1.3@-04	1.0@-04	9.4@-05	9.1@-05
PREC. RUINA	2.3@+00	3.9@+00	7.0@+00	1.5@+01	4.2@+01	1.8@+02	1.2@+03	9.8@+03	9.2@+04

0.20	0.7241	0.8871	1.0265	1.1325	1.1990	1.2312	1.2437	1.2480	1.2494
C	1.6897	2.0700	2.3951	2.6426	2.7976	2.8727	2.9019	2.9119	2.9152
CT	0.7241	0.8871	1.0265	1.1325	1.1990	1.2312	1.2437	1.2480	1.2494
PROB. RUINA	5.9e-02	1.2e-02	3.3e-03	1.2e-03	6.3e-04	4.6e-04	4.1e-04	3.9e-04	3.9e-04
PREC. RUINA	2.3e+00	4.3e+00	9.0e+00	2.4e+01	9.2e+01	5.4e+02	4.3e+03	4.0e+04	3.9e+05

0.30	0.7061	0.8860	1.0355	1.1436	1.2063	1.2345	1.2449	1.2484	1.2495
C	1.8829	2.3627	2.7612	3.0495	3.2168	3.2919	3.3196	3.3289	3.3319
CT	0.7061	0.8860	1.0355	1.1436	1.2063	1.2345	1.2449	1.2484	1.2495
PROB. RUINA	6.3e-02	1.4e-02	4.1e-03	1.7e-03	9.8e-04	7.8e-04	7.1e-04	6.9e-04	6.8e-04
PREC. RUINA	2.3e+00	4.5e+00	1.0e+01	3.0e+01	1.3e+02	8.8e+02	7.4e+03	7.0e+04	6.9e+05

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.30

V= 0.0									
DISPERSION / COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS									
$\sigma_k=0.00$	0.8132	1.0204	1.2280	1.4417	1.6642	1.8972	2.1421	2.3997	2.6709
C	2.0331	2.5511	3.0701	3.6042	4.1605	4.7431	5.3552	5.9992	6.6773
CT	0.8132	1.0204	1.2280	1.4417	1.6642	1.8972	2.1421	2.3997	2.6709
PROB. RUINA	8.6e-03	9.0e-04	9.2e-05	9.6e-06	1.0e-06	1.1e-07	1.1e-08	1.2e-09	1.2e-10
PREC. RUINA	9.0e-01	1.1e+00	1.3e+00	1.5e+00	1.8e+00	2.0e+00	2.3e+00	2.5e+00	2.8e+00

0.05	0.7795	0.9793	1.1791	1.3789	1.5825	1.8056	2.0287	2.2518	2.4749
C	2.1437	2.6932	3.2426	3.7921	4.3520	4.9655	5.5790	6.1925	6.8060
CT	0.7795	0.9793	1.1791	1.3789	1.5825	1.8056	2.0287	2.2518	2.4749
PROB. RUINA	8.7e-03	8.7e-04	8.7e-05	8.7e-06	9.7e-07	9.7e-08	9.7e-09	9.7e-10	9.7e-11
PREC. RUINA	8.7e-01	1.1e+00	1.3e+00	1.5e+00	1.7e+00	1.9e+00	2.1e+00	2.3e+00	2.6e+00

0.10	0.7410	0.9537	1.1663	1.3629	1.6339	1.9049	2.1759	2.4469	2.7180
C	2.2230	2.8610	3.4989	4.0888	4.9018	5.7148	6.5278	7.3408	8.1539
CT	0.7410	0.9537	1.1663	1.3629	1.6339	1.9049	2.1759	2.4469	2.7180
PROB. RUINA	9.2e-03	9.2e-04	9.2e-05	1.2e-05	1.2e-06	1.2e-07	1.2e-08	1.2e-09	1.2e-10
PREC. RUINA	8.3e-01	1.0e+00	1.3e+00	1.5e+00	1.8e+00	2.0e+00	2.3e+00	2.6e+00	2.8e+00

0.20	0.7055	0.9414	1.1594	1.4493	1.7392	2.0290	2.3189	2.6087	2.8986
C	2.4691	3.2951	4.0581	5.0726	6.0871	7.1016	8.1161	9.1306	10.1451
CT	0.7055	0.9414	1.1594	1.4493	1.7392	2.0290	2.3189	2.6087	2.8986
PROB. RUINA	1.0e-02	1.0e-03	1.3e-04	1.3e-05	1.3e-06	1.3e-07	1.3e-08	1.3e-09	1.3e-10
PREC. RUINA	8.1e-01	1.0e+00	1.3e+00	1.6e+00	1.9e+00	2.2e+00	2.4e+00	2.7e+00	3.0e+00

0.30	0.6911	0.9411	1.2063	1.5093	1.8123	2.1154	2.4184	2.7214	3.0245
C	2.7643	3.7643	4.8251	6.0372	7.2494	8.4615	9.6736	10.8857	12.0979
CT	0.6911	0.9411	1.2063	1.5093	1.8123	2.1154	2.4184	2.7214	3.0245
PROB. RUINA	1.1e-02	1.1e-03	1.3e-04	1.3e-05	1.3e-06	1.3e-07	1.3e-08	1.3e-09	1.3e-10
PREC. RUINA	8.0e-01	1.0e+00	1.3e+00	1.6e+00	1.9e+00	2.2e+00	2.6e+00	2.9e+00	3.2e+00

V= 0.2									
DISPERSION / COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS									
$\sigma_k=0.00$	0.7819	0.9814	1.1791	1.3809	1.5892	1.8052	2.0298	2.2632	2.5054
C	1.9548	2.4534	2.9478	3.4523	3.9729	4.5131	5.0745	5.6580	6.2636
CT	0.7819	0.9814	1.1791	1.3809	1.5892	1.8052	2.0298	2.2632	2.5054
PROB. RUINA	1.2e-02	1.4e-03	1.6e-04	1.8e-05	2.1e-06	2.5e-07	3.1e-08	3.8e-09	4.8e-10
PREC. RUINA	1.0e+00	1.4e+00	1.7e+00	2.1e+00	2.5e+00	3.1e+00	3.7e+00	4.5e+00	5.5e+00

0.05	0.7513	0.9431	1.1345	1.3255	1.5127	1.7237	1.9340	2.1433	2.3517
C	2.0660	2.5934	3.1198	3.6451	4.1600	4.7402	5.3184	5.8942	6.4673
CT	0.7513	0.9431	1.1345	1.3255	1.5127	1.7237	1.9340	2.1433	2.3517
PROB. RUINA	1.2@-02	1.3@-03	1.5@-04	1.6@-05	2.0@-06	2.3@-07	2.6@-08	3.0@-09	3.5@-10
PREC. RUINA	1.0@+00	1.3@+00	1.6@+00	2.0@+00	2.4@+00	2.9@+00	3.4@+00	4.0@+00	4.8@+00

0.10	0.7126	0.9163	1.1195	1.3222	1.5468	1.7999	2.0516	2.3018	2.5500
C	2.1378	2.7488	3.3585	3.9667	4.6404	5.3997	6.1549	6.9053	7.6501
CT	0.7126	0.9163	1.1195	1.3222	1.5468	1.7999	2.0516	2.3018	2.5500
PROB. RUINA	1.3@-02	1.4@-03	1.5@-04	1.7@-05	2.5@-06	2.9@-07	3.4@-08	4.0@-09	4.9@-10
PREC. RUINA	9.6@-01	1.3@+00	1.6@+00	2.0@+00	2.5@+00	3.1@+00	3.8@+00	4.7@+00	5.7@+00

0.20	0.6757	0.9007	1.1252	1.3688	1.6392	1.9080	2.1751	2.4402	2.7028
C	2.3649	3.1526	3.9381	4.7907	5.7370	6.6781	7.6130	8.5406	9.4598
CT	0.6757	0.9007	1.1252	1.3688	1.6392	1.9080	2.1751	2.4402	2.7028
PROB. RUINA	1.4@-02	1.5@-03	1.7@-04	2.4@-05	2.8@-06	3.3@-07	3.9@-08	4.8@-09	6.0@-10
PREC. RUINA	9.2@-01	1.3@+00	1.6@+00	2.1@+00	2.7@+00	3.4@+00	4.2@+00	5.2@+00	6.5@+00

0.30	0.6603	0.8981	1.1383	1.4213	1.7028	1.9825	2.2601	2.5353	2.8075
C	2.6413	3.5923	4.5532	5.6851	6.8110	7.9298	9.0403	10.1410	11.2299
CT	0.6603	0.8981	1.1383	1.4213	1.7028	1.9825	2.2601	2.5353	2.8075
PROB. RUINA	1.4@-02	1.6@-03	2.2@-04	2.6@-05	3.0@-06	3.6@-07	4.4@-08	5.4@-09	6.8@-10
PREC. RUINA	9.0@-01	1.3@+00	1.7@+00	2.2@+00	2.9@+00	3.6@+00	4.6@+00	5.7@+00	7.1@+00

V= 0.4

DISPERSION / COSTE

CARGAS

Q= 0.00

	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.7474	0.9364	1.1203	1.3040	1.4885	1.6731	1.8552	2.0300	2.1895	
1.8685	2.3411	2.8008	3.2599	3.7213	4.1827	4.6379	5.0749	5.4739	
CT	0.7474	0.9364	1.1203	1.3040	1.4885	1.6731	1.8552	2.0300	2.1895
PROB. RUINA	1.6@-02	2.3@-03	3.0@-04	4.1@-05	5.9@-06	9.2@-07	1.6@-07	3.1@-08	7.3@-09
PREC. RUINA	1.2@+00	1.7@+00	2.3@+00	3.1@+00	4.3@+00	6.0@+00	8.8@+00	1.4@+01	2.5@+01

0.05	0.7205	0.9017	1.0809	1.2576	1.4313	1.6063	1.7859	1.9562	2.1133
C	1.9815	2.4797	2.9724	3.4584	3.9360	4.4173	4.9113	5.3796	5.8115
CT	0.7205	0.9017	1.0809	1.2576	1.4313	1.6063	1.7859	1.9562	2.1133
PROB. RUINA	1.7@-02	2.1@-03	2.7@-04	3.5@-05	4.7@-06	7.6@-07	1.2@-07	2.0@-08	4.0@-09
PREC. RUINA	1.2@+00	1.6@+00	2.2@+00	2.9@+00	3.8@+00	5.3@+00	7.4@+00	1.1@+01	1.8@+01

0.10	0.6821	0.8742	1.0639	1.2508	1.4334	1.6508	1.8565	2.0456	2.2105
C	2.0464	2.6225	3.1917	3.7524	4.3003	4.9524	5.5695	6.1368	6.6315
CT	0.6821	0.8742	1.0639	1.2508	1.4334	1.6508	1.8565	2.0456	2.2105
PROB. RUINA	1.7@-02	2.2@-03	2.8@-04	3.7@-05	6.5@-06	1.0@-06	1.8@-07	3.6@-08	8.8@-09
PREC. RUINA	1.1@+00	1.6@+00	2.1@+00	2.9@+00	4.0@+00	5.9@+00	9.0@+00	1.5@+01	2.8@+01

0.20	0.6444	0.8556	1.0638	1.2706	1.5068	1.7319	1.9415	2.1286	2.2831
C	2.2552	2.9945	3.7234	4.4471	5.2737	6.0617	6.7953	7.4503	7.9909
CT	0.6444	0.8556	1.0638	1.2706	1.5068	1.7319	1.9415	2.1286	2.2831
PROB. RUINA	1.9@-02	2.4@-03	3.1@-04	5.2@-05	8.0@-06	1.3@-06	2.5@-07	5.7@-08	1.7@-08
PREC. RUINA	1.1@+00	1.5@+00	2.2@+00	3.1@+00	4.6@+00	7.0@+00	1.1@+01	2.0@+01	4.3@+01

0.30	0.6282	0.8507	1.0609	1.3132	1.5560	1.7857	1.9966	2.1802	2.3248
C	2.5129	3.4030	4.2437	5.2528	6.2240	7.1426	7.9863	8.7208	9.2992
CT	0.6282	0.8507	1.0609	1.3132	1.5560	1.7857	1.9966	2.1802	2.3248
PROB. RUINA	1.9@-02	2.5@-03	4.0@-04	5.8@-05	9.2@-06	1.6@-06	3.2@-07	8.0@-08	2.7@-08
PREC. RUINA	1.0@+00	1.5@+00	2.2@+00	3.4@+00	5.0@+00	7.9@+00	1.3@+01	2.5@+01	6.0@+01

V= 0.6									
DISPERSION COSTE									
CARGAS									
Sc= 0.00	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
C	0.7095	0.8848	1.0489	1.2042	1.3476	1.4716	1.5658	1.6238	1.6511
CT	1.7737	2.2120	2.6222	3.0105	3.3690	3.6789	3.9146	4.0594	4.1277
PROB. RUINA	0.7095	0.8848	1.0489	1.2042	1.3476	1.4716	1.5658	1.6238	1.6511
PREC. RUINA	2.2@-02	4.0@-03	6.5@-04	1.2@-04	2.6@-05	7.1@-06	2.7@-06	1.5@-06	1.1@-06
	1.5@+00	2.3@+00	3.5@+00	5.5@+00	9.6@+00	2.0@+01	5.3@+01	2.1@+02	1.3@+03

0.05	0.6873	0.8546	1.0159	1.1691	1.3108	1.4356	1.5358	1.6069	1.6438
C	1.8900	2.3501	2.7938	3.2151	3.6047	3.9480	4.2233	4.4190	4.5205
CT	0.6873	0.8546	1.0159	1.1691	1.3108	1.4356	1.5358	1.6069	1.6438
PROB. RUINA	2.5@-02	3.7@-03	5.7@-04	9.7@-05	1.9@-05	4.5@-06	1.6@-06	7.5@-07	5.1@-07
PREC. RUINA	1.4@+00	2.1@+00	3.2@+00	4.9@+00	8.0@+00	1.5@+01	3.5@+01	1.2@+02	6.3@+02

0.10	0.6497	0.8270	0.9977	1.1593	1.3079	1.4377	1.5500	1.6175	1.6489
C	1.9492	2.4810	2.9931	3.4778	3.9237	4.3131	4.6500	4.8525	4.9467
CT	0.6497	0.8270	0.9977	1.1593	1.3079	1.4377	1.5500	1.6175	1.6489
PROB. RUINA	2.5@-02	3.6@-03	5.7@-04	1.0@-04	2.0@-05	6.2@-06	2.4@-06	1.4@-06	1.0@-06
PREC. RUINA	1.3@+00	2.0@+00	3.1@+00	4.8@+00	8.1@+00	1.7@+01	4.6@+01	1.9@+02	1.2@+03

0.20	0.6117	0.8060	0.9920	1.1530	1.3337	1.4791	1.5786	1.6322	1.6547
C	2.1410	2.8209	3.4722	4.0354	4.6679	5.1768	5.5251	5.7127	5.7916
CT	0.6117	0.8060	0.9920	1.1530	1.3337	1.4791	1.5786	1.6322	1.6547
PROB. RUINA	2.6@-02	3.8@-03	6.3@-04	1.3@-04	3.2@-05	9.9@-06	4.5@-06	2.9@-06	2.5@-06
PREC. RUINA	1.2@+00	1.9@+00	3.1@+00	5.1@+00	9.8@+00	2.3@+01	7.5@+01	3.7@+02	2.7@+03

0.30	0.5951	0.7993	0.9940	1.1834	1.3636	1.5036	1.5940	1.6394	1.6574
C	2.3806	3.1970	3.9761	4.7337	5.4545	6.0143	6.3759	6.5574	6.6297
CT	0.5951	0.7993	0.9940	1.1834	1.3636	1.5036	1.5940	1.6394	1.6574
PROB. RUINA	2.6@-02	4.0@-03	6.7@-04	1.6@-04	4.0@-05	1.4@-05	6.9@-06	4.9@-06	4.3@-06
PREC. RUINA	1.2@+00	1.9@+00	3.1@+00	5.6@+00	1.1@+01	2.9@+01	1.1@+02	5.9@+02	4.6@+03

V= 0.8									
DISPERSION COSTE									
CARGAS									
Sc= 0.00	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
C	0.6683	0.8260	0.9631	1.0778	1.1627	1.2135	1.2369	1.2456	1.2486
CT	1.6707	2.0651	2.4078	2.6945	2.9069	3.0337	3.0922	3.1141	3.1215
PROB. RUINA	0.6683	0.8260	0.9631	1.0778	1.1627	1.2135	1.2369	1.2456	1.2486
PREC. RUINA	2.2@-02	7.5@-03	1.7@-03	4.8@-04	1.9@-04	1.1@-04	8.4@-05	7.6@-05	7.4@-05
	1.7@+00	3.2@+00	5.9@+00	1.3@+01	3.5@+01	1.5@+02	9.6@+02	8.0@+03	7.5@+04

0.05	0.6200	0.7519	0.8763	0.9898	1.0876	1.1632	1.2116	1.2356	1.2451
C	1.7051	2.0678	2.4097	2.7220	2.9910	3.1988	3.3318	3.3980	3.4242
CT	0.6200	0.7519	0.8763	0.9898	1.0876	1.1632	1.2116	1.2356	1.2451
PROB. RUINA	2.8@-02	4.5@-03	8.0@-04	1.7@-04	4.3@-05	1.5@-05	7.6@-06	5.4@-06	4.8@-06
PREC. RUINA	1.5@+00	2.3@+00	3.7@+00	6.4@+00	1.3@+01	3.2@+01	1.2@+02	6.5@+02	5.1@+03
0.10	0.6264	0.7790	0.9189	1.0404	1.1358	1.1984	1.2304	1.2433	1.2478
C	1.8793	2.3369	2.7567	3.1213	3.4073	3.5951	3.6912	3.7300	3.7435
CT	0.6264	0.7790	0.9189	1.0404	1.1358	1.1984	1.2304	1.2433	1.2478
PROB. RUINA	3.5@-02	6.2@-03	1.2@-03	3.1@-04	1.0@-04	5.1@-05	3.6@-05	3.1@-05	2.9@-05
PREC. RUINA	1.6@+00	2.7@+00	4.7@+00	9.3@+00	2.3@+01	8.0@+01	4.3@+02	3.3@+03	3.0@+04
0.20	0.5995	0.7608	0.9083	1.0357	1.1347	1.1986	1.2307	1.2435	1.2479
C	2.0981	2.6627	3.1790	3.6251	3.9715	4.1951	4.3074	4.3521	4.3676
CT	0.5995	0.7608	0.9083	1.0357	1.1347	1.1986	1.2307	1.2435	1.2479
PROB. RUINA	3.4@-02	6.1@-03	1.2@-03	3.2@-04	1.1@-04	5.5@-05	3.9@-05	3.4@-05	3.2@-05
PREC. RUINA	1.5@+00	2.6@+00	4.6@+00	9.2@+00	2.3@+01	8.4@+01	4.7@+02	3.6@+03	3.3@+04
0.30	0.5902	0.7645	0.9215	1.0533	1.1504	1.2083	1.2350	1.2450	1.2484
C	2.3606	3.0579	3.6859	4.2131	4.6016	4.8332	4.9400	4.9801	4.9936
CT	0.5902	0.7645	0.9215	1.0533	1.1504	1.2083	1.2350	1.2450	1.2484
PROB. RUINA	3.7@-02	6.8@-03	1.5@-03	4.2@-04	1.6@-04	9.3@-05	7.2@-05	6.5@-05	6.3@-05
PREC. RUINA	1.5@+00	2.7@+00	5.0@+00	1.1@+01	3.1@+01	1.3@+02	8.2@+02	6.8@+03	6.4@+04

2.1 Tablas de coeficientes óptimas
 con la ley no lineal $S > \frac{R \cdot P_w}{P_w + R} = \frac{R}{1 + T}$

$$T = 1$$

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.10

V= 0.0										
DISPERSION	COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS										
SG=0.05		0.8977	0.9764	1.0551	1.1338	1.2125	1.2912	1.3699	1.4487	1.5274
C		1.2343	1.3425	1.4508	1.5590	1.6672	1.7755	1.8837	1.9919	2.1001
CT		1.7954	1.9528	2.1102	2.2676	2.4251	2.5825	2.7399	2.8973	3.0547
PROB. RUINA		6.8e-03	6.8e-04	6.8e-05	6.8e-06	6.8e-07	6.8e-08	6.8e-09	6.8e-10	6.8e-11
PREC. RUINA		1.9e+00	2.0e+00	2.2e+00	2.3e+00	2.5e+00	2.7e+00	2.8e+00	3.0e+00	3.1e+00

10

0.10	0.9211	1.0519	1.1827	1.3135	1.4443	1.5752	1.7060	1.8368	1.9676
C	1.3816	1.5778	1.7740	1.9703	2.1665	2.3627	2.5590	2.7552	2.9514
CT	1.8421	2.1037	2.3654	2.6270	2.8887	3.1503	3.4120	3.6736	3.9352
PROB. RUINA	1.1e-02	1.1e-03	1.1e-04	1.1e-05	1.1e-06	1.1e-07	1.1e-08	1.1e-09	1.1e-10
PREC. RUINA	2.0e+00	2.2e+00	2.5e+00	2.7e+00	3.0e+00	3.3e+00	3.5e+00	3.8e+00	4.0e+00

0.20	0.9429	1.1577	1.3725	1.5873	1.8022	2.0170	2.2318	2.4466	2.6615
C	1.6500	2.0260	2.4019	2.7779	3.1538	3.5297	3.9057	4.2816	4.6576
CT	1.8858	2.3154	2.7451	3.1747	3.6043	4.0340	4.4636	4.8933	5.3229
PROB. RUINA	1.9e-02	1.9e-03	1.9e-04	1.9e-05	1.9e-06	1.9e-07	1.9e-08	1.9e-09	1.9e-10
PREC. RUINA	2.1e+00	2.5e+00	2.9e+00	3.4e+00	3.8e+00	4.2e+00	4.7e+00	5.1e+00	5.5e+00

0.30	0.9457	1.2204	1.4951	1.7699	2.0446	2.3193	2.5940	2.8688	3.1435
C	1.8914	2.4408	2.9903	3.5397	4.0892	4.6386	5.1881	5.7375	6.2870
CT	1.8914	2.4408	2.9903	3.5397	4.0892	4.6386	5.1881	5.7375	6.2870
PROB. RUINA	2.4e-02	2.4e-03	2.4e-04	2.4e-05	2.4e-06	2.4e-07	2.4e-08	2.4e-09	2.4e-10
PREC. RUINA	2.1e+00	2.7e+00	3.2e+00	3.8e+00	4.3e+00	4.9e+00	5.4e+00	6.0e+00	6.5e+00

V= 0.2

DISPERSION| COSTE
CARGAS

SR=0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.05	0.8685	0.9440	1.0193	1.0944	1.1694	1.2442	1.3187	1.3930	1.4669
C	1.1942	1.2980	1.4015	1.5049	1.6079	1.7107	1.8132	1.9153	2.0170
CT	1.7370	1.8880	2.0386	2.1889	2.3388	2.4883	2.6374	2.7859	2.9339
PROB. RUINA	1.6e-02	1.8e-03	1.9e-04	2.2e-05	2.4e-06	2.7e-07	3.1e-08	3.5e-09	4.0e-10
PREC. RUINA	2.8e+00	3.2e+00	3.6e+00	4.1e+00	4.6e+00	5.2e+00	5.9e+00	6.6e+00	7.5e+00

0.10	0.8723	0.9943	1.1155	1.2360	1.3555	1.4740	1.5910	1.7064	1.8197
C	1.3084	1.4914	1.6733	1.8540	2.0333	2.2109	2.3865	2.5596	2.7296
CT	1.7446	1.9885	2.2311	2.4720	2.7111	2.9479	3.1820	3.4128	3.6395
PROB. RUINA	2.7e-02	3.1e-03	3.7e-04	4.4e-05	5.4e-06	6.7e-07	8.6e-08	1.1e-08	1.5e-09
PREC. RUINA	2.9e+00	3.6e+00	4.4e+00	5.3e+00	6.5e+00	7.9e+00	9.6e+00	1.2e+01	1.5e+01

0.20	0.8638	1.0554	1.2441	1.4291	1.6095	1.7837	1.9495	2.1032	2.2395
C	1.5116	1.8469	2.1771	2.5010	2.8167	3.1216	3.4116	3.6806	3.9191
CT	1.7276	2.1107	2.4881	2.8583	3.2191	3.5675	3.8989	4.2064	4.4790
PROB. RUINA	4.4e-02	5.6e-03	7.4e-04	1.0e-04	1.5e-05	2.3e-06	3.8e-07	7.4e-08	1.7e-08
PREC. RUINA	3.1e+00	4.2e+00	5.7e+00	7.7e+00	1.1e+01	1.5e+01	2.2e+01	3.4e+01	6.0e+01

0.30	0.8470	1.0847	1.3167	1.5412	1.7555	1.9556	2.1349	2.2842	2.3925
C	1.6939	2.1693	2.6333	3.0824	3.5110	3.9111	4.2699	4.5684	4.7851
CT	1.6939	2.1693	2.6333	3.0824	3.5110	3.9111	4.2699	4.5684	4.7851
PROB. RUINA	5.5e-02	7.4e-03	1.1e-03	1.6e-04	2.7e-05	5.0e-06	1.1e-06	3.2e-07	1.3e-07
PREC. RUINA	3.1e+00	4.6e+00	6.6e+00	9.7e+00	1.4e+01	2.3e+01	4.0e+01	8.5e+01	2.4e+02

V= 0.4

DISPERSION| COSTE
CARGAS

SR=0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.05	0.8241	0.8911	0.9561	1.0185	1.0772	1.1307	1.1764	1.2112	1.2331
C	1.1331	1.2252	1.3147	1.4005	1.4812	1.5546	1.6175	1.6654	1.6955
CT	1.6482	1.7822	1.9123	2.0370	2.1545	2.2613	2.3527	2.4224	2.4662
PROB. RUINA	5.9e-02	8.3e-03	1.2e-03	2.0e-04	3.6e-05	7.5e-06	2.0e-06	7.1e-07	3.7e-07
PREC. RUINA	5.4e+00	7.0e+00	9.4e+00	1.3e+01	1.9e+01	3.1e+01	6.0e+01	1.5e+02	5.6e+02

0.10	0.8040	0.9054	0.9999	1.0841	1.1534	1.2028	1.2309	1.2433	1.2478
C	1.2059	1.3582	1.4998	1.6261	1.7301	1.8042	1.8463	1.8649	1.8717
CT	1.6079	1.8109	1.9997	2.1681	2.3068	2.4056	2.4618	2.4865	2.4956
PROB. RUINA	8.9e-02	1.5e-02	2.8e-03	6.4e-04	1.9e-04	8.0e-05	4.9e-05	3.9e-05	3.6e-05
PREC. RUINA	5.4e+00	8.1e+00	1.3e+01	2.3e+01	4.9e+01	1.4e+02	6.5e+02	4.4e+03	3.8e+04

0.20	0.7659	0.9131	1.0398	1.1377	1.2003	1.2314	1.2437	1.2480	1.2494
C	1.3403	1.5979	1.8197	1.9910	2.1006	2.1550	2.1765	2.1840	2.1864
CT	1.5318	1.8261	2.0797	2.2754	2.4007	2.4629	2.4875	2.4959	2.4987
PROB. RUINA	1.2e-01	2.6e-02	6.6e-03	2.3e-03	1.2e-03	8.5e-04	7.4e-04	7.1e-04	7.0e-04
PREC. RUINA	5.2e+00	9.3e+00	1.9e+01	4.8e+01	1.8e+02	1.0e+03	7.9e+03	7.2e+04	7.0e+05

0.30	0.7344	0.9098	1.0536	1.1550	1.2119	1.2366	1.2456	1.2486	1.2496
C	1.4688	1.8197	2.1071	2.3100	2.4237	2.4732	2.4912	2.4972	2.4991
CT	1.4688	1.8197	2.1071	2.3100	2.4237	2.4732	2.4912	2.4972	2.4991
PROB. RUINA	1.4e-01	3.2e-02	9.7e-03	4.1e-03	2.6e-03	2.1e-03	1.9e-03	1.9e-03	1.9e-03
PREC. RUINA	5.0e+00	9.9e+00	2.3e+01	7.2e+01	3.4e+02	2.3e+03	2.0e+04	1.9e+05	1.9e+06

V= 0.6									
DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS									
SG=0.05	0.7446	0.7836	0.8102	0.8243	0.8302	0.8323	0.8330	0.8332	0.8333
C	1.0238	1.0775	1.1140	1.1334	1.1416	1.1444	1.1454	1.1457	1.1458
CT	1.4892	1.5673	1.6203	1.6486	1.6605	1.6646	1.6660	1.6665	1.6666
PROB. RUINA	6.0e-01	1.9e-01	8.8e-02	5.8e-02	4.9e-02	4.6e-02	4.5e-02	4.5e-02	4.5e-02
PREC. RUINA	2.0e+01	4.6e+01	1.5e+02	7.4e+02	5.4e+03	4.8e+04	4.6e+05	4.5e+06	4.5e+07

0.10	0.7068	0.7660	0.8037	0.8223	0.8296	0.8321	0.8329	0.8332	0.8333
C	1.0603	1.1490	1.2055	1.2334	1.2444	1.2482	1.2494	1.2498	1.2499
CT	1.4137	1.5320	1.6073	1.6446	1.6592	1.6643	1.6659	1.6664	1.6666
PROB. RUINA	4.9e-01	1.7e-01	9.0e-02	6.5e-02	5.7e-02	5.4e-02	5.4e-02	5.3e-02	5.3e-02
PREC. RUINA	1.4e+01	3.6e+01	1.3e+02	7.7e+02	6.1e+03	5.6e+04	5.4e+05	5.3e+06	5.3e+07

0.20	0.6551	0.7430	0.7955	0.8197	0.8288	0.8319	0.8329	0.8332	0.8333
C	1.1464	1.3003	1.3921	1.4345	1.4504	1.4558	1.4575	1.4581	1.4583
CT	1.3102	1.4861	1.5910	1.6394	1.6576	1.6638	1.6657	1.6664	1.6666
PROB. RUINA	4.1e-01	1.6e-01	9.1e-02	7.0e-02	6.3e-02	6.1e-02	6.1e-02	6.0e-02	6.0e-02
PREC. RUINA	1.0e+01	3.0e+01	1.3e+02	8.0e+02	6.6e+03	6.2e+04	6.1e+05	6.1e+06	6.0e+07

0.30	0.6203	0.7277	0.7899	0.8179	0.8282	0.8317	0.8328	0.8332	0.8333
C	1.2405	1.4553	1.5799	1.6358	1.6565	1.6634	1.6656	1.6663	1.6666
CT	1.2405	1.4553	1.5799	1.6358	1.6565	1.6634	1.6656	1.6663	1.6666
PROB. RUINA	3.6e-01	1.5e-01	8.8e-02	7.0e-02	6.4e-02	6.2e-02	6.1e-02	6.1e-02	6.1e-02
PREC. RUINA	8.5e+00	2.6e+01	1.2e+02	7.8e+02	6.7e+03	6.3e+04	6.2e+05	6.1e+06	6.1e+07

V= 0.8									
DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS									
SG=0.05	0.6150	0.6215	0.6239	0.6246	0.6249	0.6250	0.6250	0.6250	0.6250
C	0.8456	0.8546	0.8578	0.8589	0.8592	0.8593	0.8594	0.8594	0.8594
CT	1.2300	1.2430	1.2477	1.2493	1.2498	1.2499	1.2500	1.2500	1.2500
PROB. RUINA	2.7e+01	2.2e+01	2.1e+01	2.0e+01	2.0e+01	2.0e+01	2.0e+01	2.0e+01	2.0e+01
PREC. RUINA	3.4e+02	2.4e+03	2.1e+04	2.0e+05	2.0e+06	2.0e+07	2.0e+08	2.0e+09	2.0e+10

0.10	0.5908	0.6120	0.6206	0.6236	0.6245	0.6249	0.6250	0.6250	0.6250
C	0.8862	0.9180	0.9308	0.9353	0.9368	0.9373	0.9374	0.9375	0.9375
CT	1.1816	1.2240	1.2411	1.2471	1.2491	1.2497	1.2499	1.2500	1.2500
PROB. RUINA	3.8e+00	2.6e+00	2.3e+00	2.1e+00	2.1e+00	2.1e+00	2.1e+00	2.1e+00	2.1e+00
PREC. RUINA	6.0e+01	3.2e+02	2.4e+03	2.2e+04	2.1e+05	2.1e+06	2.1e+07	2.1e+08	2.1e+09
0.20	0.5492	0.5945	0.6143	0.6215	0.6239	0.6246	0.6249	0.6250	0.6250
C	0.9611	1.0403	1.0750	1.0876	1.0918	1.0931	1.0936	1.0937	1.0937
CT	1.0984	1.1889	1.2285	1.2429	1.2477	1.2493	1.2498	1.2499	1.2500
PROB. RUINA	1.3e+00	7.8e-01	6.3e-01	5.8e-01	5.7e-01	5.7e-01	5.6e-01	5.6e-01	5.6e-01
PREC. RUINA	2.2e+01	1.0e+02	7.0e+02	6.1e+03	5.8e+04	5.7e+05	5.6e+06	5.6e+07	5.6e+08
0.30	0.5200	0.5820	0.6097	0.6200	0.6234	0.6245	0.6248	0.6249	0.6250
C	1.0400	1.1639	1.2194	1.2399	1.2468	1.2490	1.2497	1.2499	1.2500
CT	1.0400	1.1639	1.2194	1.2399	1.2468	1.2490	1.2497	1.2499	1.2500
PROB. RUINA	8.5e-01	5.0e-01	4.0e-01	3.7e-01	3.6e-01	3.5e-01	3.5e-01	3.5e-01	3.5e-01
PREC. RUINA	1.5e+01	6.7e+01	4.5e+02	3.8e+03	3.6e+04	3.5e+05	3.5e+06	3.5e+07	3.5e+08

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.20

V= 0.0										
DISPERSION/COSTE										
CARGAS										
SQ= 0.05	e+1	e+2	e+3	e+4	e+5	e+6	e+7	e+8	e+9	
	0.7505	0.8499	0.9492	1.0486	1.1479	1.2473	1.3466	1.4460	1.5454	
C	1.3760	1.5581	1.7403	1.9224	2.1046	2.2867	2.4689	2.6510	2.8332	
CT	1.5010	1.6998	1.8985	2.0972	2.2959	2.4946	2.6933	2.8920	3.0907	
PROB. RUINA	8.6e-03	8.6e-04	8.6e-05	8.6e-06	8.6e-07	8.6e-08	8.6e-09	8.6e-10	8.6e-11	
PREC. RUINA	1.6e+00	1.8e+00	2.0e+00	2.2e+00	2.4e+00	2.6e+00	2.8e+00	3.0e+00	3.2e+00	
0.10	0.7455	0.8705	0.9955	1.1205	1.2455	1.3705	1.4955	1.6205	1.7455	
C	1.4911	1.7411	1.9911	2.2411	2.4911	2.7411	2.9911	3.2411	3.4911	
CT	1.4911	1.7411	1.9911	2.2411	2.4911	2.7411	2.9911	3.2411	3.4911	
PROB. RUINA	1.1e-02	1.1e-03	1.1e-04	1.1e-05	1.1e-06	1.1e-07	1.1e-08	1.1e-09	1.1e-10	
PREC. RUINA	1.6e+00	1.8e+00	2.1e+00	2.3e+00	2.6e+00	2.8e+00	3.1e+00	3.3e+00	3.6e+00	
0.20	0.7517	0.9302	1.1088	1.2874	1.4660	1.6445	1.8231	2.0017	2.1802	
C	1.7539	2.1706	2.5872	3.0039	3.4206	3.8372	4.2539	4.6706	5.0872	
CT	1.5033	1.8605	2.2176	2.5748	2.9319	3.2891	3.6462	4.0033	4.3605	
PROB. RUINA	1.6e-02	1.6e-03	1.6e-04	1.6e-05	1.6e-06	1.6e-07	1.6e-08	1.6e-09	1.6e-10	
PREC. RUINA	1.7e+00	2.0e+00	2.4e+00	2.7e+00	3.1e+00	3.4e+00	3.8e+00	4.2e+00	4.5e+00	
0.30	0.7714	1.0058	1.2401	1.4745	1.7089	1.9433	2.1776	2.4120	2.6464	
C	2.0570	2.6820	3.3070	3.9320	4.5570	5.1820	5.8070	6.4320	7.0570	
CT	1.5428	2.0115	2.4803	2.9490	3.4178	3.8865	4.3553	4.8240	5.2928	
PROB. RUINA	2.0e-02	2.0e-03	2.0e-04	2.0e-05	2.0e-06	2.0e-07	2.0e-08	2.0e-09	2.0e-10	
PREC. RUINA	1.7e+00	2.2e+00	2.7e+00	3.2e+00	3.6e+00	4.1e+00	4.6e+00	5.0e+00	5.5e+00	

V= 0.2		DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS											
SC= 0.05											
C			0.7212	0.8158	0.9102	1.0043	1.0980	1.1914	1.2844	1.3769	1.4689
CT			1.3221	1.4956	1.6686	1.8411	2.0130	2.1843	2.3548	2.5244	2.6930
PROB. RUINA			1.4423	1.6316	1.8203	2.0085	2.1960	2.3829	2.5688	2.7539	2.9378
PREC. RUINA			1.7e-02	1.9e-03	2.1e-04	2.4e-05	2.7e-06	3.1e-07	3.7e-08	4.3e-09	5.1e-10
			2.2e+00	2.6e+00	3.1e+00	3.6e+00	4.2e+00	4.9e+00	5.6e+00	6.6e+00	7.6e+00
0.10			0.7093	0.8269	0.9440	1.0606	1.1765	1.2916	1.4058	1.5190	1.6308
C			1.4186	1.6539	1.8881	2.1212	2.3530	2.5832	2.8116	3.0379	3.2617
CT			1.4186	1.6539	1.8881	2.1212	2.3530	2.5832	2.8116	3.0379	3.2617
PROB. RUINA			2.1e-02	2.4e-03	2.8e-04	3.3e-05	3.9e-06	4.6e-07	5.7e-08	7.1e-09	9.0e-10
PREC. RUINA			2.2e+00	2.7e+00	3.3e+00	4.0e+00	4.8e+00	5.8e+00	7.0e+00	8.4e+00	1.0e+01
0.20			0.7007	0.8644	1.0268	1.1875	1.3460	1.5021	1.6549	1.8035	1.9464
C			1.6349	2.0170	2.3958	2.7707	3.1408	3.5049	3.8614	4.2081	4.5416
CT			1.4013	1.7289	2.0536	2.3749	2.6921	3.0042	3.3098	3.6069	3.8928
PROB. RUINA			3.0e-02	3.6e-03	4.5e-04	5.6e-05	7.3e-06	9.7e-07	1.4e-07	2.0e-08	3.2e-09
PREC. RUINA			2.2e+00	3.0e+00	3.9e+00	5.1e+00	6.6e+00	8.5e+00	1.1e+01	1.5e+01	2.1e+01
0.30			0.7041	0.9132	1.1193	1.3214	1.5185	1.7090	1.8904	2.0589	2.2087
C			1.8775	2.4353	2.9848	3.5238	4.0495	4.5573	5.0410	5.4903	5.8900
CT			1.4081	1.8264	2.2386	2.6429	3.0371	3.4180	3.7807	4.1177	4.4175
PROB. RUINA			3.9e-02	5.1e-03	6.7e-04	9.2e-05	1.3e-05	2.0e-06	3.4e-07	6.5e-08	1.5e-08
PREC. RUINA			2.4e+00	3.4e+00	4.7e+00	6.5e+00	9.1e+00	1.3e+01	1.9e+01	3.0e+01	5.3e+01

V= 0.4		DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS											
SC= 0.05											
C			0.6824	0.7677	0.8507	0.9308	1.0067	1.0768	1.1383	1.1875	1.2209
CT			1.2511	1.4074	1.5597	1.7064	1.8456	1.9740	2.0868	2.1771	2.2383
PROB. RUINA			1.3648	1.5354	1.7015	1.8616	2.0134	2.1535	2.2765	2.3750	2.4418
PREC. RUINA			4.2e-02	5.8e-03	8.5e-04	1.3e-04	2.3e-05	4.5e-06	1.1e-06	3.5e-07	1.6e-07
			3.4e+00	4.6e+00	6.2e+00	8.6e+00	1.3e+01	2.0e+01	3.6e+01	8.2e+01	2.6e+02
0.10			0.6634	0.7672	0.8671	0.9614	1.0478	1.1226	1.1810	1.2190	1.2383
C			1.3268	1.5345	1.7342	1.9228	2.0955	2.2452	2.3620	2.4381	2.4766
CT			1.3268	1.5345	1.7342	1.9228	2.0955	2.2452	2.3620	2.4381	2.4766
PROB. RUINA			4.9e-02	7.3e-03	1.2e-03	2.0e-04	4.1e-05	1.0e-05	3.6e-06	1.8e-06	1.2e-06
PREC. RUINA			3.3e+00	4.7e+00	6.8e+00	1.0e+01	1.7e+01	3.2e+01	7.8e+01	2.8e+02	1.5e+03
0.20			0.6403	0.7789	0.9079	1.0229	1.1177	1.1853	1.2238	1.2407	1.2470
C			1.4941	1.8174	2.1183	2.3867	2.6079	2.7657	2.8555	2.8951	2.9096
CT			1.2806	1.5578	1.8157	2.0457	2.2353	2.3706	2.4475	2.4815	2.4939
PROB. RUINA			6.5e-02	1.1e-02	2.1e-03	4.7e-04	1.4e-04	5.8e-05	3.5e-05	2.8e-05	2.6e-05
PREC. RUINA			3.3e+00	5.2e+00	8.7e+00	1.6e+01	3.5e+01	1.0e+02	4.7e+02	3.2e+03	2.7e+04
0.30			0.6290	0.7985	0.9498	1.0747	1.1640	1.2151	1.2377	1.2459	1.2487
C			1.6773	2.1293	2.5327	2.8658	3.1040	3.2401	3.3004	3.3225	3.3299
CT			1.2580	1.5969	1.8995	2.1493	2.3280	2.4301	2.4753	2.4919	2.4974
PROB. RUINA			8.2e-02	1.6e-02	3.5e-03	1.0e-03	4.3e-04	2.6e-04	2.1e-04	1.9e-04	1.9e-04
PREC. RUINA			3.4e+00	6.0e+00	1.1e+01	2.6e+01	7.7e+01	3.5e+02	2.3e+03	2.0e+04	1.9e+05

V= 0.2 DISPERSION/COSTE CARGAS		@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
S ₀ =0.05		0.7212	0.8158	0.9102	1.0043	1.0980	1.1914	1.2844	1.3769	1.4689
C		1.3221	1.4956	1.6686	1.8411	2.0130	2.1843	2.3548	2.5244	2.6930
CT		1.4423	1.6316	1.8203	2.0085	2.1960	2.3829	2.5688	2.7539	2.9378
PROB. RUINA		1.7e-02	1.9e-03	2.1e-04	2.4e-05	2.7e-06	3.1e-07	3.7e-08	4.3e-09	5.1e-10
PREC. RUINA		2.2e+00	2.6e+00	3.1e+00	3.6e+00	4.2e+00	4.9e+00	5.6e+00	6.6e+00	7.6e+00
0.10		0.7093	0.8269	0.9440	1.0606	1.1765	1.2916	1.4058	1.5190	1.6308
C		1.4186	1.6539	1.8881	2.1212	2.3530	2.5832	2.8116	3.0379	3.2617
CT		1.4186	1.6539	1.8881	2.1212	2.3530	2.5832	2.8116	3.0379	3.2617
PROB. RUINA		2.1e-02	2.4e-03	2.8e-04	3.3e-05	3.9e-06	4.6e-07	5.7e-08	7.1e-09	9.0e-10
PREC. RUINA		2.2e+00	2.7e+00	3.3e+00	4.0e+00	4.8e+00	5.8e+00	7.0e+00	8.4e+00	1.0e+01
0.20		0.7007	0.8644	1.0268	1.1875	1.3460	1.5021	1.6549	1.8035	1.9464
C		1.6349	2.0170	2.3958	2.7707	3.1408	3.5049	3.8614	4.2081	4.5416
CT		1.4013	1.7289	2.0536	2.3749	2.6921	3.0042	3.3098	3.6069	3.8928
PROB. RUINA		3.0e-02	3.6e-03	4.5e-04	5.6e-05	7.3e-06	9.7e-07	1.4e-07	2.0e-08	3.2e-09
PREC. RUINA		2.2e+00	3.0e+00	3.9e+00	5.1e+00	6.6e+00	8.5e+00	1.1e+01	1.5e+01	2.1e+01
0.30		0.7041	0.9132	1.1193	1.3214	1.5185	1.7090	1.8904	2.0589	2.2087
C		1.8775	2.4353	2.9848	3.5238	4.0495	4.5573	5.0410	5.4903	5.8900
CT		1.4081	1.8264	2.2386	2.6429	3.0371	3.4180	3.7807	4.1177	4.4175
PROB. RUINA		3.9e-02	5.1e-03	6.7e-04	9.2e-05	1.3e-05	2.0e-06	3.4e-07	6.5e-08	1.5e-08
PREC. RUINA		2.4e+00	3.4e+00	4.7e+00	6.5e+00	9.1e+00	1.3e+01	1.9e+01	3.0e+01	5.3e+01

V= 0.4 DISPERSION/COSTE CARGAS		@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
S ₀ =0.05		0.6824	0.7677	0.8507	0.9308	1.0067	1.0768	1.1383	1.1875	1.2209
C		1.2511	1.4074	1.5597	1.7064	1.8456	1.9740	2.0868	2.1771	2.2383
CT		1.3648	1.5354	1.7015	1.8616	2.0134	2.1535	2.2765	2.3750	2.4418
PROB. RUINA		4.2e-02	5.8e-03	8.5e-04	1.3e-04	2.3e-05	4.5e-06	1.1e-06	3.5e-07	1.6e-07
PREC. RUINA		3.4e+00	4.6e+00	6.2e+00	8.6e+00	1.3e+01	2.0e+01	3.6e+01	8.2e+01	2.6e+02
0.10		0.6634	0.7672	0.8671	0.9614	1.0478	1.1226	1.1810	1.2190	1.2383
C		1.3268	1.5345	1.7342	1.9228	2.0955	2.2452	2.3620	2.4381	2.4766
CT		1.3268	1.5345	1.7342	1.9228	2.0955	2.2452	2.3620	2.4381	2.4766
PROB. RUINA		4.9e-02	7.3e-03	1.2e-03	2.0e-04	4.1e-05	1.0e-05	3.6e-06	1.8e-06	1.2e-06
PREC. RUINA		3.3e+00	4.7e+00	6.8e+00	1.0e+01	1.7e+01	3.2e+01	7.8e+01	2.8e+02	1.5e+03
0.20		0.6403	0.7789	0.9079	1.0229	1.1177	1.1853	1.2238	1.2407	1.2470
C		1.4941	1.8174	2.1183	2.3867	2.6079	2.7657	2.8555	2.8951	2.9096
CT		1.2806	1.5578	1.8157	2.0457	2.2353	2.3706	2.4475	2.4815	2.4939
PROB. RUINA		6.5e-02	1.1e-02	2.1e-03	4.7e-04	1.4e-04	5.8e-05	3.5e-05	2.8e-05	2.6e-05
PREC. RUINA		3.3e+00	5.2e+00	8.7e+00	1.6e+01	3.5e+01	1.0e+02	4.7e+02	3.2e+03	2.7e+04
0.30		0.6290	0.7985	0.9498	1.0747	1.1640	1.2151	1.2377	1.2459	1.2487
C		1.6773	2.1293	2.5327	2.8658	3.1040	3.2401	3.3004	3.3225	3.3299
CT		1.2580	1.5969	1.8995	2.1493	2.3280	2.4301	2.4753	2.4919	2.4974
PROB. RUINA		8.2e-02	1.6e-02	3.5e-03	1.0e-03	4.3e-04	2.6e-04	2.1e-04	1.9e-04	1.9e-04
PREC. RUINA		3.4e+00	6.0e+00	1.1e+01	2.6e+01	7.7e+01	3.5e+02	2.3e+03	2.0e+04	1.9e+05

V= 0.6										
DISPERSION/COSTE										
CARGAS										
54-0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	0.6292	0.6949	0.7503	0.7911	0.8156	0.8269	0.8312	0.8327	0.8331	
CT	1.1534	1.2741	1.3755	1.4504	1.4953	1.5161	1.5239	1.5265	1.5274	
PROB. RUINA	1.2583	1.3899	1.5005	1.5823	1.6312	1.6539	1.6624	1.6653	1.6662	
PREC. RUINA	1.4e-01	3.1e-02	8.7e-03	3.4e-03	1.9e-03	1.5e-03	1.3e-03	1.3e-03	1.3e-03	
	6.6e+00	1.1e+01	2.4e+01	6.5e+01	2.7e+02	1.7e+03	1.4e+04	1.3e+05	1.3e+06	
0.10	0.6050	0.6839	0.7480	0.7927	0.8172	0.8277	0.8315	0.8327	0.8331	
C	1.2100	1.3678	1.4961	1.5853	1.6344	1.6554	1.6630	1.6655	1.6663	
CT	1.2100	1.3678	1.4961	1.5853	1.6344	1.6554	1.6630	1.6655	1.6663	
PROB. RUINA	1.4e-01	3.4e-02	1.0e-02	4.6e-03	2.9e-03	2.4e-03	2.2e-03	2.2e-03	2.2e-03	
PREC. RUINA	5.9e+00	1.1e+01	2.5e+01	7.8e+01	3.7e+02	2.6e+03	2.3e+04	2.2e+05	2.2e+06	
0.20	0.5719	0.6738	0.7506	0.7978	0.8204	0.8290	0.8319	0.8329	0.8332	
C	1.3344	1.5722	1.7514	1.8616	1.9142	1.9343	1.9412	1.9434	1.9441	
CT	1.1438	1.3476	1.5012	1.5957	1.6407	1.6580	1.6639	1.6658	1.6664	
PROB. RUINA	1.6e-01	4.2e-02	1.6e-02	8.6e-03	6.4e-03	5.7e-03	5.5e-03	5.4e-03	5.4e-03	
PREC. RUINA	5.2e+00	1.1e+01	3.1e+01	1.2e+02	7.5e+02	6.0e+03	5.6e+04	5.5e+05	5.4e+06	
0.30	0.5510	0.6718	0.7560	0.8026	0.8226	0.8298	0.8322	0.8330	0.8332	
C	1.4694	1.7914	2.0161	2.1403	2.1936	2.2129	2.2192	2.2213	2.2219	
CT	1.1021	1.3436	1.5121	1.6052	1.6452	1.6596	1.6644	1.6660	1.6664	
PROB. RUINA	1.8e-01	5.4e-02	2.4e-02	1.5e-02	1.2e-02	1.1e-02	1.1e-02	1.1e-02	1.1e-02	
PREC. RUINA	5.0e+00	1.2e+01	4.0e+01	1.9e+02	1.4e+03	1.2e+04	1.1e+05	1.1e+06	1.1e+07	

V= 0.8										
DISPERSION/COSTE										
CARGAS										
2-0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	0.5579	0.5931	0.6124	0.6206	0.6236	0.6245	0.6249	0.6250	0.6250	
CT	1.0229	1.0874	1.1227	1.1378	1.1432	1.1450	1.1456	1.1457	1.1458	
PROB. RUINA	1.1158	1.1862	1.2248	1.2412	1.2471	1.2491	1.2497	1.2499	1.2500	
PREC. RUINA	7.5e-01	3.3e-01	2.1e-01	1.8e-01	1.6e-01	1.6e-01	1.6e-01	1.6e-01	1.6e-01	
	1.8e+01	5.6e+01	2.7e+02	1.9e+03	1.7e+04	1.6e+05	1.6e+06	1.6e+07	1.6e+08	
0.10	0.5351	0.5814	0.6075	0.6188	0.6230	0.6244	0.6248	0.6249	0.6250	
C	1.0701	1.1628	1.2150	1.2377	1.2460	1.2487	1.2496	1.2499	1.2500	
CT	1.0701	1.1628	1.2150	1.2377	1.2460	1.2487	1.2496	1.2499	1.2500	
PROB. RUINA	5.2e-01	2.2e-01	1.4e-01	1.1e-01	1.0e-01	1.0e-01	1.0e-01	1.0e-01	1.0e-01	
PREC. RUINA	1.3e+01	3.9e+01	1.8e+02	1.2e+03	1.1e+04	1.0e+05	1.0e+06	1.0e+07	1.0e+08	
0.20	0.5009	0.5655	0.6013	0.6167	0.6223	0.6241	0.6247	0.6249	0.6250	
C	1.1688	1.3195	1.4030	1.4390	1.4520	1.4563	1.4577	1.4581	1.4583	
CT	1.0018	1.1310	1.2026	1.2334	1.2446	1.2483	1.2494	1.2498	1.2499	
PROB. RUINA	3.9e-01	1.7e-01	1.1e-01	8.8e-02	8.2e-02	8.0e-02	8.0e-02	8.0e-02	7.9e-02	
PREC. RUINA	9.0e+00	2.9e+01	1.4e+02	9.8e+02	8.5e+03	8.1e+04	8.0e+05	8.0e+06	7.9e+07	
0.30	0.4775	0.5563	0.5983	0.6158	0.6220	0.6240	0.6247	0.6249	0.6250	
C	1.2733	1.4834	1.5955	1.6421	1.6587	1.6641	1.6659	1.6664	1.6666	
CT	0.9550	1.1126	1.1966	1.2316	1.2440	1.2481	1.2494	1.2498	1.2499	
PROB. RUINA	3.7e-01	1.7e-01	1.1e-01	9.4e-02	8.8e-02	8.7e-02	8.6e-02	8.6e-02	8.6e-02	
PREC. RUINA	7.7e+00	2.7e+01	1.4e+02	1.0e+03	9.1e+03	8.7e+04	8.6e+05	8.6e+06	8.6e+07	

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.30

V= 0.0		@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
Sa=0.05		0.5548	0.6457	0.7366	0.8275	0.9184	1.0093	1.1002	1.1911	1.2821
C		1.5256	1.7756	2.0256	2.2756	2.5256	2.7756	3.0256	3.2756	3.5256
CT		1.1096	1.2914	1.4732	1.6550	1.8368	2.0187	2.2005	2.3823	2.5641
PROB. RUINA		7.9e-03	7.9e-04	7.9e-05	7.9e-06	7.9e-07	7.9e-08	7.9e-09	7.9e-10	7.9e-11
PREC. RUINA		1.2e+00	1.4e+00	1.6e+00	1.7e+00	1.9e+00	2.1e+00	2.3e+00	2.5e+00	2.6e+00
0.10		0.5665	0.6834	0.8004	0.9173	1.0343	1.1512	1.2682	1.3852	1.5021
C		1.6994	2.0502	2.4011	2.7520	3.1029	3.4537	3.8046	4.1555	4.5064
CT		1.1329	1.3668	1.6007	1.8347	2.0686	2.3025	2.5364	2.7703	3.0042
PROB. RUINA		1.0e-02	1.0e-03	1.0e-04	1.0e-05	1.0e-06	1.0e-07	1.0e-08	1.0e-09	1.0e-10
PREC. RUINA		1.2e+00	1.5e+00	1.7e+00	1.9e+00	2.2e+00	2.4e+00	2.6e+00	2.9e+00	3.1e+00
0.20		0.5754	0.7301	0.8849	1.0397	1.1945	1.3492	1.5040	1.6588	1.8136
C		2.0138	2.5555	3.0972	3.6389	4.1807	4.7224	5.2641	5.8058	6.3475
CT		1.1507	1.4603	1.7698	2.0794	2.3889	2.6985	3.0080	3.3176	3.6271
PROB. RUINA		1.3e-02	1.3e-03	1.3e-04	1.3e-05	1.3e-06	1.3e-07	1.3e-08	1.3e-09	1.3e-10
PREC. RUINA		1.3e+00	1.6e+00	1.9e+00	2.2e+00	2.5e+00	2.8e+00	3.1e+00	3.5e+00	3.8e+00
0.30		0.5696	0.7457	0.9217	1.0978	1.2739	1.4499	1.6260	1.8020	1.9781
C		2.2785	2.9828	3.6870	4.3912	5.0954	5.7997	6.5039	7.2081	7.9123
CT		1.1393	1.4914	1.8435	2.1956	2.5477	2.8998	3.2519	3.6041	3.9562
PROB. RUINA		1.5e-02	1.5e-03	1.5e-04	1.5e-05	1.5e-06	1.5e-07	1.5e-08	1.5e-09	1.5e-10
PREC. RUINA		1.3e+00	1.6e+00	2.0e+00	2.3e+00	2.7e+00	3.1e+00	3.4e+00	3.8e+00	4.1e+00

V= 0.2		@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
Sa=0.05		0.5357	0.6231	0.7102	0.7972	0.8840	0.9705	1.0568	1.1429	1.2287
C		1.4733	1.7134	1.9531	2.1923	2.4309	2.6689	2.9063	3.1430	3.3788
CT		1.0715	1.2461	1.4204	1.5944	1.7679	1.9411	2.1137	2.2858	2.4573
PROB. RUINA		1.3e-02	1.4e-03	1.5e-04	1.7e-05	1.9e-06	2.1e-07	2.4e-08	2.7e-09	3.1e-10
PREC. RUINA		1.5e+00	1.8e+00	2.1e+00	2.5e+00	2.9e+00	3.4e+00	3.9e+00	4.5e+00	5.1e+00
0.10		0.5416	0.6527	0.7634	0.8736	0.9835	1.0929	1.2016	1.3098	1.4171
C		1.6249	1.9580	2.2901	2.6209	2.9505	3.2786	3.6049	3.9293	4.2514
CT		1.0833	1.3053	1.5267	1.7473	1.9670	2.1857	2.4033	2.6195	2.8343
PROB. RUINA		1.7e-02	1.9e-03	2.1e-04	2.4e-05	2.8e-06	3.2e-07	3.8e-08	4.5e-09	5.4e-10
PREC. RUINA		1.5e+00	2.0e+00	2.4e+00	2.9e+00	3.5e+00	4.2e+00	5.0e+00	6.0e+00	7.1e+00
0.20		0.5425	0.6870	0.8306	0.9734	1.1151	1.2555	1.3943	1.5313	1.6660
C		1.8987	2.4043	2.9072	3.4069	3.9027	4.3942	4.8802	5.3597	5.8310
CT		1.0850	1.3739	1.6613	1.9468	2.2301	2.5109	2.7887	3.0627	3.3320
PROB. RUINA		2.2e-02	2.6e-03	3.0e-04	3.6e-05	4.4e-06	5.4e-07	6.9e-08	9.0e-09	1.2e-08
PREC. RUINA		1.6e+00	2.2e+00	2.8e+00	3.5e+00	4.5e+00	5.6e+00	7.0e+00	8.8e+00	1.1e+01

0.30	0.5330	0.6958	0.8575	1.0179	1.1766	1.3334	1.4877	1.6390	1.7864
C	2.1319	2.7833	3.4300	4.0714	4.7064	5.3335	5.9509	6.5561	7.1455
CT	1.0659	1.3916	1.7150	2.0357	2.3532	2.6667	2.9754	3.2780	3.5727
PROB. RUINA	2.50-02	2.90-03	3.50-04	4.40-05	5.50-06	7.00-07	9.30-08	1.30-08	1.90-09
PREC. RUINA	1.60+00	2.20+00	3.00+00	3.90+00	5.00+00	6.40+00	8.30+00	1.10+01	1.40+01

V= 0.4

DISPERSION| COSTE
CARGAS

SC - 0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.5131	0.5947	0.6752	0.7544	0.8319	0.9072	0.9794	1.0474	1.1095	
C	1.4109	1.6354	1.8569	2.0747	2.2878	2.4947	2.6934	2.8805	3.0511
CT	1.0261	1.1894	1.3505	1.5089	1.6639	1.8143	1.9588	2.0949	2.2190
PROB. RUINA	2.30-02	2.90-03	3.70-04	5.00-05	7.10-06	1.00-06	1.70-07	3.00-08	6.20-09
PREC. RUINA	2.00+00	2.60+00	3.30+00	4.30+00	5.70+00	7.70+00	1.10+01	1.60+01	2.60+01

0.10	0.5128	0.6147	0.7143	0.8110	0.9038	0.9912	1.0708	1.1391	1.1913
C	1.5384	1.8440	2.1429	2.4331	2.7115	2.9737	3.2125	3.4173	3.5740
CT	1.0256	1.2293	1.4286	1.6220	1.8077	1.9825	2.1417	2.2782	2.3827
PROB. RUINA	2.90-02	3.90-03	5.50-04	8.20-05	1.30-05	2.40-06	4.90-07	1.30-07	4.60-08
PREC. RUINA	2.00+00	2.80+00	3.90+00	5.40+00	7.90+00	1.20+01	2.00+01	3.90+01	9.70+01

0.20	0.5057	0.6348	0.7592	0.8771	0.9856	1.0806	1.1561	1.2067	1.2333
C	1.7699	2.2219	2.6573	3.0698	3.4497	3.7820	4.0462	4.2235	4.3166
CT	1.0114	1.2697	1.5185	1.7542	1.9712	2.1612	2.3121	2.4134	2.4666
PROB. RUINA	3.80-02	5.60-03	8.70-04	1.50-04	3.00-05	7.30-06	2.40-06	1.10-06	7.50-07
PREC. RUINA	2.10+00	3.10+00	4.70+00	7.40+00	1.20+01	2.30+01	5.50+01	1.80+02	9.40+02

0.30	0.4930	0.6368	0.7741	0.9022	1.0170	1.1124	1.1816	1.2219	1.2400
C	1.9718	2.5471	3.0963	3.6087	4.0679	4.4408	4.7265	4.8875	4.9599
CT	0.9859	1.2736	1.5482	1.8044	2.0340	2.2249	2.3632	2.4437	2.4800
PROB. RUINA	4.20-02	6.40-03	1.10-03	2.00-04	4.40-05	1.30-05	5.10-06	3.00-06	2.40-06
PREC. RUINA	2.00+00	3.20+00	5.10+00	8.50+00	1.50+01	3.30+01	9.40+01	4.10+02	2.70+03

V= 0.6

DISPERSION| COSTE
CARGAS

SC - 0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.4857	0.5582	0.6265	0.6890	0.7430	0.7848	0.8117	0.8252	0.8306	
C	1.3358	1.5350	1.7230	1.8949	2.0432	2.1582	2.2323	2.2694	2.2841
CT	0.9715	1.1164	1.2531	1.3781	1.4860	1.5696	1.6235	1.6505	1.6612
PROB. RUINA	4.50-02	7.20-03	1.30-03	2.60-04	6.70-05	2.30-05	1.20-05	8.40-06	7.30-06
PREC. RUINA	2.80+00	4.10+00	6.30+00	1.10+01	2.00+01	5.00+01	1.80+02	1.00+03	7.80+03

0.10	0.4794	0.5674	0.6478	0.7172	0.7710	0.8056	0.8229	0.8298	0.8322
C	1.4383	1.7021	1.9433	2.1515	2.3129	2.4168	2.4688	2.4894	2.4966
CT	0.9589	1.1348	1.2955	1.4343	1.5419	1.6112	1.6459	1.6596	1.6644
PROB. RUINA	5.60-02	1.00-02	2.00-03	5.20-04	1.80-04	9.20-05	6.50-05	5.70-05	5.40-05
PREC. RUINA	2.80+00	4.60+00	7.90+00	1.60+01	3.90+01	1.40+02	7.80+02	6.10+03	5.60+04

0.20	0.4654	0.5735	0.6677	0.7422	0.7917	0.8174	0.8279	0.8316	0.8328
C	1.6291	2.0072	2.3370	2.5977	2.7709	2.8609	2.8976	2.9105	2.9147
CT	0.9309	1.1470	1.3354	1.4844	1.5834	1.6348	1.6558	1.6631	1.6655
PROB. RUINA	6.90-02	1.40-02	3.40-03	1.10-03	5.40-04	3.70-04	3.10-04	3.00-04	2.90-04
PREC. RUINA	2.80+00	5.10+00	1.00+01	2.50+01	8.50+01	4.50+02	3.40+03	3.10+04	2.90+05

0.30	0.4506	0.5697	0.6713	0.7485	0.7966	0.8198	0.8288	0.8319	0.8329
C	1.8025	2.2788	2.6852	2.9939	3.1863	3.2792	3.3152	3.3275	3.3315
CT	0.9013	1.1394	1.3426	1.4969	1.5932	1.6396	1.6576	1.6637	1.6657
PROB. RUINA	7.3e-02	1.5e-02	4.0e-03	1.5e-03	7.9e-04	5.8e-04	5.2e-04	5.0e-04	4.9e-04
PREC. RUINA	2.7e+00	5.1e+00	1.1e+01	2.9e+01	1.1e+02	6.8e+02	5.5e+03	5.0e+04	4.9e+05

V= 0.8

DISPERSION| COSTE

CARGAS

Sq = 0.05

	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.10	0.4529	0.5112	0.5590	0.5930	0.6121	0.6205	0.6235	0.6245	0.6248
C	1.2456	1.4058	1.5374	1.6306	1.6832	1.7063	1.7146	1.7174	1.7183
CT	0.9059	1.0224	1.1181	1.1859	1.2242	1.2409	1.2470	1.2490	1.2497
PROB. RUINA	1.0e-01	2.4e-02	7.1e-03	3.0e-03	1.8e-03	1.5e-03	1.4e-03	1.3e-03	1.3e-03
PREC. RUINA	4.3e+00	8.0e+00	1.8e+01	5.3e+01	2.4e+02	1.7e+03	1.4e+04	1.4e+05	1.3e+06

0.10	0.4418	0.5108	0.5640	0.5980	0.6149	0.6216	0.6239	0.6246	0.6249
C	1.3254	1.5323	1.6920	1.7941	1.8448	1.8648	1.8717	1.8739	1.8747
CT	0.8836	1.0215	1.1280	1.1961	1.2299	1.2432	1.2478	1.2493	1.2498
PROB. RUINA	1.2e-01	3.0e-02	1.1e-02	5.5e-03	3.9e-03	3.4e-03	3.3e-03	3.2e-03	3.2e-03
PREC. RUINA	4.2e+00	8.6e+00	2.2e+01	8.2e+01	4.7e+02	3.7e+03	3.3e+04	3.3e+05	3.2e+06

0.20	0.4233	0.5065	0.5665	0.6011	0.6165	0.6222	0.6241	0.6247	0.6249
C	1.4816	1.7729	1.9827	2.1038	2.1578	2.1777	2.1844	2.1865	2.1872
CT	0.8466	1.0131	1.1330	1.2021	1.2330	1.2444	1.2482	1.2494	1.2498
PROB. RUINA	1.3e-01	3.7e-02	1.5e-02	9.2e-03	7.3e-03	6.7e-03	6.5e-03	6.5e-03	6.4e-03
PREC. RUINA	3.9e+00	9.1e+00	2.7e+01	1.2e+02	8.2e+02	7.0e+03	6.6e+04	6.5e+05	6.4e+06

0.30	0.4079	0.4998	0.5645	0.6008	0.6165	0.6222	0.6241	0.6247	0.6249
C	1.6317	1.9992	2.2582	2.4031	2.4660	2.4889	2.4964	2.4989	2.4996
CT	0.8158	0.9996	1.1291	1.2015	1.2330	1.2444	1.2482	1.2494	1.2498
PROB. RUINA	1.3e-01	3.8e-02	1.6e-02	1.0e-02	8.3e-03	7.7e-03	7.5e-03	7.4e-03	7.4e-03
PREC. RUINA	3.6e+00	8.8e+00	2.8e+01	1.3e+02	9.2e+02	8.0e+03	7.6e+04	7.5e+05	7.4e+06

T=2

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.10

V= 0.0

DISPERSION| COSTE

CARGAS

Sq = 0.05

	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.10	0.9179	1.0022	1.0865	1.1708	1.2551	1.3395	1.4238	1.5081	1.5924
C	1.2621	1.3780	1.4939	1.6099	1.7258	1.8418	1.9577	2.0736	2.1896
CT	1.3768	1.5033	1.6297	1.7562	1.8827	2.0092	2.1357	2.2622	2.3886
PROB. RUINA	5.5e-03	5.5e-04	5.5e-05	5.5e-06	5.5e-07	5.5e-08	5.5e-09	5.5e-10	5.5e-11
PREC. RUINA	1.4e+00	1.6e+00	1.7e+00	1.8e+00	1.9e+00	2.1e+00	2.2e+00	2.3e+00	2.4e+00

0.10	0.9505	1.0894	1.2283	1.3671	1.5060	1.6449	1.7838	1.9227	2.0616
C	1.4257	1.6341	1.8424	2.0507	2.2591	2.4674	2.6757	2.8841	3.0924
CT	1.4257	1.6341	1.8424	2.0507	2.2591	2.4674	2.6757	2.8841	3.0924
PROB. RUINA	9.0E-03	9.0E-04	9.0E-05	9.0E-06	9.0E-07	9.0E-08	9.0E-09	9.0E-10	9.0E-11
PREC. RUINA	1.5E+00	1.7E+00	1.9E+00	2.1E+00	2.3E+00	2.6E+00	2.8E+00	3.0E+00	3.2E+00

0.20	0.9962	1.2299	1.4636	1.6973	1.9310	2.1648	2.3985	2.6322	2.8659
C	1.7433	2.1523	2.5613	2.9703	3.3793	3.7883	4.1973	4.6063	5.0153
CT	1.4943	1.8449	2.1954	2.5460	2.8966	3.2471	3.5977	3.9483	4.2988
PROB. RUINA	1.5E-02	1.5E-03	1.5E-04	1.5E-05	1.5E-06	1.5E-07	1.5E-08	1.5E-09	1.5E-10
PREC. RUINA	1.6E+00	2.0E+00	2.3E+00	2.7E+00	3.0E+00	3.4E+00	3.7E+00	4.1E+00	4.5E+00

0.30	0.9933	1.2782	1.5631	1.8480	2.1329	2.4178	2.7027	2.9876	3.2725
C	1.9866	2.5564	3.1262	3.6960	4.2658	4.8356	5.4054	5.9752	6.5450
CT	1.4899	1.9173	2.3446	2.7720	3.1993	3.6267	4.0540	4.4814	4.9087
PROB. RUINA	1.9E-02	1.9E-03	1.9E-04	1.9E-05	1.9E-06	1.9E-07	1.9E-08	1.9E-09	1.9E-10
PREC. RUINA	1.7E+00	2.1E+00	2.5E+00	3.0E+00	3.4E+00	3.8E+00	4.2E+00	4.7E+00	5.1E+00

V= 0.2

DISPERSION|COSTE
CARGAS

SQ=0.05

	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.8950	0.9768	1.0585	1.1402	1.2217	1.3031	1.3845	1.4657	1.5467	
1.2306	1.3431	1.4555	1.5677	1.6798	1.7918	1.9037	2.0153	2.1268	
1.3424	1.4652	1.5878	1.7102	1.8326	1.9547	2.0767	2.1985	2.3201	
1.0E-02	1.1E-03	1.2E-04	1.3E-05	1.4E-06	1.5E-07	1.6E-08	1.7E-09	1.8E-10	
1.9E+00	2.2E+00	2.4E+00	2.7E+00	3.0E+00	3.4E+00	3.7E+00	4.1E+00	4.5E+00	

0.10	0.9119	1.0440	1.1758	1.3071	1.4379	1.5682	1.6979	1.8269	1.9551
C	1.3679	1.5661	1.7637	1.9606	2.1569	2.3523	2.5469	2.7403	2.9326
CT	1.3679	1.5661	1.7637	1.9606	2.1569	2.3523	2.5469	2.7403	2.9326
PROB. RUINA	1.7E-02	1.9E-03	2.2E-04	2.4E-05	2.8E-06	3.2E-07	3.8E-08	4.4E-09	5.3E-10
PREC. RUINA	2.1E+00	2.5E+00	2.9E+00	3.5E+00	4.1E+00	4.8E+00	5.6E+00	6.5E+00	7.6E+00

0.20	0.9298	1.1445	1.3575	1.5683	1.7765	1.9815	2.1826	2.3784	2.5674
C	1.6272	2.0029	2.3755	2.7445	3.1089	3.4677	3.8195	4.1622	4.4929
CT	1.3947	1.7168	2.0362	2.3524	2.6647	2.9723	3.2739	3.5676	3.8510
PROB. RUINA	2.9E-02	3.5E-03	4.3E-04	5.4E-05	7.0E-06	9.3E-07	1.3E-07	1.9E-08	2.9E-09
PREC. RUINA	2.2E+00	3.0E+00	3.9E+00	5.0E+00	6.4E+00	8.3E+00	1.1E+01	1.4E+01	2.0E+01

0.30	0.9140	1.1711	1.4251	1.6752	1.9205	2.1595	2.3902	2.6096	2.8129
C	1.8280	2.3422	2.8501	3.3504	3.8410	4.3190	4.7805	5.2193	5.6258
CT	1.3710	1.7566	2.1376	2.5128	2.8807	3.2393	3.5854	3.9144	4.2194
PROB. RUINA	3.5E-02	4.4E-03	5.7E-04	7.5E-05	1.0E-05	1.5E-06	2.3E-07	3.9E-08	7.6E-09
PREC. RUINA	2.2E+00	3.1E+00	4.3E+00	5.8E+00	7.8E+00	1.1E+01	1.5E+01	2.2E+01	3.5E+01

V= 0.4

DISPERSION|COSTE
CARGAS

SQ=0.05

	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.8643	0.9413	1.0174	1.0927	1.1669	1.2397	1.3107	1.3793	1.4448	
1.1884	1.2942	1.3990	1.5025	1.6045	1.7046	1.8022	1.8966	1.9865	
1.2965	1.4119	1.5262	1.6391	1.7504	1.8596	1.9661	2.0690	2.1671	
2.4E-02	2.9E-03	3.6E-04	4.6E-05	6.1E-06	8.4E-07	1.2E-07	1.8E-08	3.1E-09	
2.9E+00	3.5E+00	4.3E+00	5.2E+00	6.4E+00	8.1E+00	1.0E+01	1.4E+01	1.9E+01	

0.10	0.8626	0.9820	1.0984	1.2108	1.3175	1.4163	1.5035	1.5740	1.6228
C	1.2938	1.4731	1.6477	1.8161	1.9762	2.1244	2.2552	2.3611	2.4342
CT	1.2938	1.4731	1.6477	1.8161	1.9762	2.1244	2.2552	2.3611	2.4342
PROB. RUINA	3.9e-02	5.4e-03	7.8e-04	1.2e-04	2.1e-05	4.0e-06	9.4e-07	2.9e-07	1.3e-07
PREC. RUINA	3.1e+00	4.1e+00	5.6e+00	7.8e+00	1.1e+01	1.8e+01	3.2e+01	7.2e+01	2.2e+02
0.20	0.8511	1.0334	1.2036	1.3562	1.4832	1.5753	1.6290	1.6533	1.6622
C	1.4894	1.8085	2.1063	2.3733	2.5955	2.7568	2.8508	2.8932	2.9089
CT	1.2767	1.5502	1.8054	2.0343	2.2247	2.3630	2.4435	2.4799	2.4934
PROB. RUINA	6.4e-02	1.1e-02	2.0e-03	4.4e-04	1.3e-04	5.1e-05	3.0e-05	2.4e-05	2.2e-05
PREC. RUINA	3.2e+00	5.1e+00	8.5e+00	1.5e+01	3.3e+01	9.4e+01	4.1e+02	2.7e+03	2.2e+04
0.30	0.8244	1.0372	1.2310	1.3971	1.5242	1.6044	1.6436	1.6589	1.6642
C	1.6488	2.0744	2.4621	2.7943	3.0484	3.2088	3.2872	3.3178	3.3283
CT	1.2366	1.5558	1.8466	2.0957	2.2863	2.4066	2.4654	2.4884	2.4962
PROB. RUINA	7.3e-02	1.3e-02	2.7e-03	7.1e-04	2.5e-04	1.3e-04	9.7e-05	8.6e-05	8.2e-05
PREC. RUINA	3.2e+00	5.4e+00	9.8e+00	2.0e+01	5.2e+01	2.0e+02	1.1e+03	9.1e+03	8.4e+04

V= 0.6										
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
sq= 0.05	0+1	0+2	0+3	0+4	0+5	0+6	0+7	0+8	0+9	
C	0.8198	0.8854	0.9466	1.0013	1.0466	1.0793	1.0981	1.1065	1.1096	
CT	1.1272	1.2175	1.3016	1.3768	1.4391	1.4840	1.5099	1.5214	1.5257	
PROB. RUINA	1.2297	1.3281	1.4199	1.5020	1.5700	1.6189	1.6471	1.6597	1.6644	
PREC. RUINA	8.0e-02	1.3e-02	2.5e-03	5.6e-04	1.6e-04	6.7e-05	4.0e-05	3.2e-05	2.9e-05	
0.10	5.5e+00	7.9e+00	1.2e+01	2.1e+01	4.3e+01	1.2e+02	5.4e+02	3.6e+03	3.0e+04	
C	0.7978	0.8930	0.9750	1.0383	1.0789	1.0991	1.1070	1.1098	1.1107	
CT	1.1967	1.3395	1.4625	1.5575	1.6183	1.6486	1.6606	1.6647	1.6660	
PROB. RUINA	1.1967	1.3395	1.4625	1.5575	1.6183	1.6486	1.6606	1.6647	1.6660	
PREC. RUINA	1.1e-01	2.3e-02	6.0e-03	2.1e-03	1.1e-03	7.7e-04	6.7e-04	6.4e-04	6.4e-04	
0.20	5.4e+00	9.2e+00	1.8e+01	4.5e+01	1.6e+02	9.2e+02	7.2e+03	6.6e+04	6.4e+05	
C	0.7615	0.8963	0.9986	1.0624	1.0932	1.1051	1.1092	1.1105	1.1109	
CT	1.3326	1.5685	1.7476	1.8592	1.9131	1.9339	1.9411	1.9434	1.9441	
PROB. RUINA	1.1422	1.3444	1.4980	1.5936	1.6398	1.6577	1.6638	1.6657	1.6664	
PREC. RUINA	1.5e-01	4.1e-02	1.5e-02	7.9e-03	5.9e-03	5.2e-03	5.0e-03	4.9e-03	4.9e-03	
0.30	5.2e+00	1.1e+01	3.0e+01	1.2e+02	6.9e+02	5.5e+03	5.1e+04	5.0e+05	4.9e+06	
C	0.7291	0.8846	0.9979	1.0643	1.0944	1.1056	1.1093	1.1105	1.1109	
CT	1.4582	1.7692	1.9958	2.1286	2.1888	2.2112	2.2187	2.2211	2.2219	
PROB. RUINA	1.0936	1.3269	1.4969	1.5964	1.6416	1.6584	1.6640	1.6658	1.6664	
PREC. RUINA	1.6e-01	4.5e-02	1.8e-02	1.0e-02	8.2e-03	7.5e-03	7.3e-03	7.2e-03	7.2e-03	

V= 0.8										
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
sq= 0.05	0 1	0+2	0+3	0+4	0+5	0+6	0+7	0+8	0+9	
C	0.7496	0.7884	0.8133	0.8258	0.8308	0.8325	0.8331	0.8333	0.8333	
CT	1.0307	1.0840	1.1183	1.1355	1.1423	1.1447	1.1455	1.1457	1.1458	
PROB. RUINA	1.1244	1.1825	1.2200	1.2387	1.2462	1.2488	1.2496	1.2499	1.2500	
PREC. RUINA	5.4e-01	1.9e-01	9.5e-02	6.8e-02	5.9e-02	5.6e-02	5.6e-02	5.5e-02	5.5e-02	
	1.7e+01	4.1e+01	1.5e+02	8.2e+02	6.3e+03	5.8e+04	5.8e+05	5.5e+06	5.5e+07	

0.10	0.7150	0.7729	0.8078	0.8241	0.8303	0.8323	0.8330	0.8332	0.8333
C	1.0725	1.1593	1.2117	1.2361	1.2454	1.2485	1.2495	1.2499	1.2500
CT	1.0725	1.1593	1.2117	1.2361	1.2454	1.2485	1.2495	1.2499	1.2500
PROB. RUINA	4.50-01	1.70-01	9.60-02	7.40-02	6.60-02	6.40-02	6.30-02	6.30-02	6.30-02
PREC. RUINA	1.20+01	3.30+01	1.40+02	8.50+02	7.00+03	6.50+04	6.40+05	6.30+06	6.30+07
0.20	0.6679	0.7536	0.8014	0.8222	0.8297	0.8322	0.8330	0.8332	0.8333
C	1.1689	1.3188	1.4025	1.4388	1.4519	1.4563	1.4577	1.4581	1.4583
CT	1.0019	1.1304	1.2021	1.2332	1.2445	1.2482	1.2494	1.2498	1.2499
PROB. RUINA	3.90-01	1.70-01	1.00-01	8.50-02	7.90-02	7.70-02	7.60-02	7.60-02	7.60-02
PREC. RUINA	8.90+00	2.80+01	1.40+02	9.40+02	8.10+03	7.80+04	7.60+05	7.60+06	7.60+07
0.30	0.6364	0.7390	0.7958	0.8202	0.8290	0.8320	0.8329	0.8332	0.8333
C	1.2727	1.4780	1.5916	1.6405	1.6581	1.6639	1.6658	1.6664	1.6666
CT	0.9545	1.1085	1.1937	1.2304	1.2436	1.2479	1.2493	1.2498	1.2499
PROB. RUINA	3.30-01	1.40-01	9.20-02	7.50-02	7.00-02	6.80-02	6.80-02	6.80-02	6.80-02
PREC. RUINA	7.40+00	2.40+01	1.20+02	8.30+02	7.20+03	6.90+04	6.80+05	6.80+06	6.80+07

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.20

V= 0.0									
DISPERSION/COSTE	0+1	0+2	0+3	0+4	0+5	0+6	0+7	0+8	0+9
CARGAS									
SQ=0.05	0.7800	0.8892	0.9984	1.1076	1.2168	1.3260	1.4352	1.5444	1.6536
C	1.4300	1.6302	1.8304	2.0306	2.2308	2.4310	2.6312	2.8314	3.0316
CT	1.1700	1.3338	1.4976	1.6614	1.8252	1.9890	2.1528	2.3166	2.4804
PROB. RUINA	7.10-03	7.10-04	7.10-05	7.10-06	7.10-07	7.10-08	7.10-09	7.10-10	7.10-11
PREC. RUINA	1.20+00	1.40+00	1.60+00	1.70+00	1.90+00	2.10+00	2.20+00	2.40+00	2.60+00
0.10	0.7876	0.9288	1.0701	1.2113	1.3526	1.4938	1.6351	1.7763	1.9175
C	1.5752	1.8577	2.1402	2.4226	2.7051	2.9876	3.2701	3.5526	3.8351
CT	1.1814	1.3933	1.6051	1.8170	2.0288	2.2407	2.4526	2.6644	2.8763
PROB. RUINA	9.20-03	9.20-04	9.20-05	9.20-06	9.20-07	9.20-08	9.20-09	9.20-10	9.20-11
PREC. RUINA	1.30+00	1.50+00	1.70+00	1.90+00	2.10+00	2.30+00	2.50+00	2.80+00	3.00+00
0.20	0.8179	1.0265	1.2350	1.4436	1.6521	1.8607	2.0692	2.2778	2.4863
C	1.9085	2.3951	2.8817	3.3683	3.8549	4.3416	4.8282	5.3148	5.8014
CT	1.2269	1.5397	1.8525	2.1654	2.4782	2.7910	3.1038	3.4167	3.7295
PROB. RUINA	1.40-02	1.40-03	1.40-04	1.40-05	1.40-06	1.40-07	1.40-08	1.40-09	1.40-10
PREC. RUINA	1.40+00	1.70+00	2.00+00	2.30+00	2.60+00	2.90+00	3.20+00	3.60+00	3.90+00
0.30	0.8089	1.0493	1.2897	1.5301	1.7705	2.0109	2.2513	2.4916	2.7320
C	2.1572	2.7982	3.4392	4.0803	4.7213	5.3623	6.0033	6.6444	7.2854
CT	1.2134	1.5740	1.9346	2.2952	2.6557	3.0163	3.3769	3.7375	4.0980
PROB. RUINA	1.60-02	1.60-03	1.60-04	1.60-05	1.60-06	1.60-07	1.60-08	1.60-09	1.60-10
PREC. RUINA	1.40+00	1.70+00	2.10+00	2.50+00	2.80+00	3.20+00	3.50+00	3.90+00	4.30+00

V = 0.2 DISPERSION COSTE CARGAS		@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
SQ = 0.05		0.7556	0.8609	0.9659	1.0709	1.1756	1.2800	1.3843	1.4883	1.5920
C		1.3853	1.5783	1.7709	1.9632	2.1552	2.3468	2.5379	2.7286	2.9187
CT		1.1334	1.2913	1.4489	1.6063	1.7633	1.9201	2.0765	2.2325	2.3880
PROB. RUINA		1.28-02	1.38-03	1.48-04	1.58-05	1.78-06	1.98-07	2.18-08	2.38-09	2.68-10
PREC. RUINA		1.68+00	1.98+00	2.28+00	2.58+00	2.98+00	3.38+00	3.88+00	4.38+00	4.88+00
0.10		0.7560	0.8907	1.0250	1.1589	1.2924	1.4254	1.5578	1.6896	1.8206
C		1.5121	1.7814	2.0500	2.3178	2.5848	2.8507	3.1156	3.3791	3.6412
CT		1.1341	1.3360	1.5375	1.7384	1.9386	2.1380	2.3367	2.5343	2.7309
PROB. RUINA		1.58-02	1.78-03	1.98-04	2.28-05	2.58-06	2.88-07	3.28-08	3.88-09	4.58-10
PREC. RUINA		1.68+00	2.08+00	2.48+00	2.98+00	3.48+00	4.08+00	4.78+00	5.58+00	6.58+00
0.20		0.7703	0.9646	1.1577	1.3496	1.5398	1.7283	1.9145	2.0980	2.2780
C		1.7974	2.2507	2.7014	3.1490	3.5930	4.0327	4.4672	4.8953	5.3153
CT		1.1555	1.4469	1.7366	2.0243	2.3098	2.5924	2.8717	3.1469	3.4170
PROB. RUINA		2.38-02	2.78-03	3.28-04	3.88-05	4.78-06	5.98-07	7.58-08	9.98-09	1.48-09
PREC. RUINA		1.78+00	2.38+00	3.08+00	3.88+00	4.88+00	6.08+00	7.58+00	9.58+00	1.28+01
0.30		0.7553	0.9769	1.1968	1.4148	1.6303	1.8428	2.0517	2.2558	2.4538
C		2.0141	2.6051	3.1916	3.7727	4.3474	4.9142	5.4712	6.0156	6.5435
CT		1.1329	1.4654	1.7953	2.1221	2.4454	2.7642	3.0775	3.3838	3.6807
PROB. RUINA		2.68-02	3.18-03	3.88-04	4.78-05	6.08-06	7.88-07	1.18-07	1.58-08	2.28-09
PREC. RUINA		1.78+00	2.48+00	3.28+00	4.28+00	5.48+00	7.08+00	9.18+00	1.28+01	1.68+01

V = 0.4 DISPERSION COSTE CARGAS		@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
SQ = 0.05		0.7258	0.8245	0.9220	1.0181	1.1124	1.2044	1.2933	1.3781	1.4570
C		1.3306	1.5115	1.6903	1.8665	2.0394	2.2080	2.3711	2.5265	2.6711
CT		1.0887	1.2367	1.3830	1.5271	1.6686	1.8066	1.9400	2.0671	2.1855
PROB. RUINA		2.28-02	2.88-03	3.68-04	4.78-05	6.48-06	9.28-07	1.48-07	2.48-08	4.58-09
PREC. RUINA		2.28+00	2.78+00	3.58+00	4.48+00	5.78+00	7.48+00	1.08+01	1.48+01	2.28+01
0.10		0.7184	0.8424	0.9641	1.0827	1.1971	1.3060	1.4070	1.4964	1.5692
C		1.4368	1.6849	1.9282	2.1653	2.3943	2.6120	2.8139	2.9928	3.1384
CT		1.0776	1.2637	1.4462	1.6240	1.7957	1.9590	2.1105	2.2446	2.3538
PROB. RUINA		2.88-02	3.88-03	5.28-04	7.58-05	1.28-05	2.08-06	3.88-07	8.88-08	2.78-08
PREC. RUINA		2.28+00	2.98+00	3.98+00	5.48+00	7.58+00	1.18+01	1.78+01	3.18+01	6.78+01
0.20		0.7162	0.8885	1.0538	1.2093	1.3508	1.4718	1.5641	1.6220	1.6502
C		1.6711	2.0732	2.4589	2.8218	3.1519	3.4343	3.6496	3.7847	3.8504
CT		1.0743	1.3328	1.5807	1.8140	2.0262	2.2078	2.3462	2.4330	2.4753
PROB. RUINA		4.28-02	6.28-03	1.08-03	1.88-04	3.88-05	9.98-06	3.68-06	1.98-06	1.48-06
PREC. RUINA		2.38+00	3.58+00	5.38+00	8.48+00	1.48+01	2.98+01	7.48+01	2.88+02	1.68+03
0.30		0.6961	0.8899	1.0739	1.2438	1.3931	1.5131	1.5948	1.6386	1.6570
C		1.8562	2.3731	2.8637	3.3167	3.7151	4.0348	4.2528	4.3697	4.4186
CT		1.0441	1.3349	1.6108	1.8656	2.0897	2.2696	2.3922	2.4580	2.4855
PROB. RUINA		4.68-02	7.28-03	1.28-03	2.48-04	5.88-05	1.88-05	8.48-06	5.58-06	4.68-06
PREC. RUINA		2.38+00	3.68+00	5.88+00	9.88+00	1.98+01	4.38+01	1.48+02	7.08+02	5.18+03

V= 0.6 DISPERSION COSTE CARGAS		@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
SQ=0.05		0.6884	0.7756	0.8581	0.9336	0.9991	1.0504	1.0838	1.1008	1.1076
C		1.2620	1.4220	1.5731	1.7117	1.8318	1.9256	1.9869	2.0181	2.0306
CT		1.0325	1.1634	1.2871	1.4004	1.4987	1.5755	1.6257	1.6512	1.6614
PROB. RUINA		4.9e-02	7.8e-03	1.4e-03	2.8e-04	7.0e-05	2.4e-05	1.2e-05	8.2e-06	7.1e-06
PREC. RUINA		3.2e+00	4.6e+00	7.0e+00	1.2e+01	2.2e+01	5.3e+01	1.8e+02	1.0e+03	7.6e+03
0.10		0.6733	0.7802	0.8783	0.9636	1.0306	1.0746	1.0972	1.1064	1.1096
C		1.3467	1.5605	1.7567	1.9272	2.0612	2.1493	2.1945	2.2128	2.2192
CT		1.0100	1.1703	1.3175	1.4454	1.5459	1.6120	1.6459	1.6596	1.6644
PROB. RUINA		5.9e-02	1.0e-02	2.1e-03	5.2e-04	1.8e-04	8.5e-05	5.9e-05	5.1e-05	4.8e-05
PREC. RUINA		3.2e+00	5.0e+00	8.4e+00	1.6e+01	3.9e+01	1.3e+02	7.2e+02	5.5e+03	5.0e+04
0.20		0.6562	0.7974	0.9180	1.0098	1.0671	1.0949	1.1057	1.1094	1.1106
C		1.5311	1.8606	2.1421	2.3562	2.4900	2.5548	2.5799	2.5885	2.5913
CT		0.9842	1.1961	1.3770	1.5147	1.6007	1.6423	1.6585	1.6640	1.6658
PROB. RUINA		8.1e-02	1.7e-02	4.5e-03	1.6e-03	8.7e-04	6.4e-04	5.7e-04	5.4e-04	5.4e-04
PREC. RUINA		3.2e+00	5.9e+00	1.2e+01	3.3e+01	1.3e+02	7.5e+02	6.0e+03	5.5e+04	5.4e+05
0.30		0.6329	0.7901	0.9210	1.0163	1.0720	1.0971	1.1065	1.1096	1.1106
C		1.6878	2.1069	2.4561	2.7101	2.8585	2.9257	2.9506	2.9590	2.9617
CT		0.9494	1.1851	1.3816	1.5244	1.6079	1.6457	1.6597	1.6644	1.6660
PROB. RUINA		8.5e-02	1.9e-02	5.4e-03	2.1e-03	1.3e-03	9.9e-04	9.1e-04	8.8e-04	8.7e-04
PREC. RUINA		3.1e+00	6.0e+00	1.3e+01	3.9e+01	1.7e+02	1.1e+03	9.5e+03	8.9e+04	8.7e+05

V= 0.8 DISPERSION COSTE CARGAS		@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
SQ=0.05		0.6410	0.7089	0.7634	0.8006	0.8206	0.8289	0.8319	0.8329	0.8332
C		1.1751	1.2996	1.3995	1.4678	1.5044	1.5197	1.5251	1.5269	1.5275
CT		0.9614	1.0633	1.1451	1.2009	1.2308	1.2434	1.2478	1.2493	1.2498
PROB. RUINA		1.3e-01	3.2e-02	1.0e-02	4.6e-03	3.0e-03	2.5e-03	2.4e-03	2.3e-03	2.3e-03
PREC. RUINA		5.5e+00	1.0e+01	2.4e+01	7.7e+01	3.8e+02	2.8e+03	2.5e+04	2.4e+05	2.3e+06
0.10		0.6203	0.7021	0.7644	0.8034	0.8223	0.8296	0.8321	0.8330	0.8332
C		1.2405	1.4042	1.5287	1.6067	1.6446	1.6592	1.6643	1.6659	1.6664
CT		0.9304	1.0531	1.1466	1.2050	1.2334	1.2444	1.2482	1.2494	1.2498
PROB. RUINA		1.4e-01	3.7e-02	1.3e-02	7.1e-03	5.2e-03	4.6e-03	4.5e-03	4.4e-03	4.4e-03
PREC. RUINA		5.0e+00	1.0e+01	2.7e+01	1.0e+02	6.2e+02	4.9e+03	4.5e+04	4.4e+05	4.4e+06
0.20		0.5928	0.6977	0.7695	0.8083	0.8247	0.8305	0.8324	0.8330	0.8332
C		1.3832	1.6279	1.7956	1.8861	1.9243	1.9379	1.9423	1.9438	1.9442
CT		0.8892	1.0465	1.1543	1.2125	1.2370	1.2458	1.2486	1.2496	1.2499
PROB. RUINA		1.6e-01	5.1e-02	2.3e-02	1.5e-02	1.3e-02	1.2e-02	1.2e-02	1.1e-02	1.1e-02
PREC. RUINA		4.7e+00	1.2e+01	3.8e+01	1.9e+02	1.4e+03	1.2e+04	1.2e+05	1.2e+06	1.1e+07
0.30		0.5691	0.6866	0.7656	0.8072	0.8244	0.8304	0.8324	0.8330	0.8332
C		1.5176	1.8310	2.0416	2.1525	2.1983	2.2144	2.2197	2.2214	2.2220
CT		0.8537	1.0300	1.1484	1.2108	1.2365	1.2456	1.2486	1.2496	1.2499
PROB. RUINA		1.6e-01	5.1e-02	2.4e-02	1.6e-02	1.4e-02	1.3e-02	1.3e-02	1.2e-02	1.2e-02
PREC. RUINA		4.3e+00	1.1e+01	3.8e+01	2.0e+02	1.5e+03	1.3e+04	1.3e+05	1.2e+06	1.2e+07

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.30

V= 0.0										
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
SE=0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	0.6336	0.7639	0.8942	1.0246	1.1549	1.2852	1.4156	1.5459	1.6763	
CT	1.7423	2.1007	2.4592	2.8176	3.1760	3.5344	3.8929	4.2513	4.6097	
PROB. RUINA	0.9504	1.1459	1.3414	1.5369	1.7324	1.9279	2.1234	2.3189	2.5144	
PREC. RUINA	8.5@-03	8.5@-04	8.5@-05	8.5@-06	8.5@-07	8.5@-08	8.5@-09	8.5@-10	8.5@-11	
	1.0@+00	1.2@+00	1.4@+00	1.6@+00	1.8@+00	2.0@+00	2.2@+00	2.4@+00	2.6@+00	
0.10	0.6258	0.7701	0.9144	1.0587	1.2030	1.3473	1.4916	1.6359	1.7802	
C	1.8774	2.3103	2.7432	3.1761	3.6090	4.0419	4.4748	4.9077	5.3406	
CT	0.9387	1.1552	1.3716	1.5881	1.8045	2.0210	2.2374	2.4539	2.6703	
PROB. RUINA	9.4@-03	9.4@-04	9.4@-05	9.4@-06	9.4@-07	9.4@-08	9.4@-09	9.4@-10	9.4@-11	
PREC. RUINA	1.0@+00	1.2@+00	1.5@+00	1.7@+00	1.9@+00	2.1@+00	2.3@+00	2.5@+00	2.8@+00	
0.20	0.6934	0.9149	1.1364	1.3579	1.5794	1.8008	2.0223	2.2438	2.4653	
C	2.4270	3.2022	3.9774	4.7525	5.5277	6.3029	7.0781	7.8533	8.6285	
CT	1.0401	1.3724	1.7046	2.0368	2.3690	2.7013	3.0335	3.3657	3.6979	
PROB. RUINA	1.4@-02	1.4@-03	1.4@-04	1.4@-05	1.4@-06	1.4@-07	1.4@-08	1.4@-09	1.4@-10	
PREC. RUINA	1.2@+00	1.5@+00	1.8@+00	2.2@+00	2.5@+00	2.8@+00	3.2@+00	3.5@+00	3.8@+00	
0.30	0.6467	0.8603	1.0740	1.2877	1.5014	1.7150	1.9287	2.1424	2.3561	
C	2.5866	3.4413	4.2960	5.1507	6.0054	6.8601	7.7148	8.5695	9.4242	
CT	0.9700	1.2905	1.6110	1.9315	2.2520	2.5726	2.8931	3.2136	3.5341	
PROB. RUINA	1.4@-02	1.4@-03	1.4@-04	1.4@-05	1.4@-06	1.4@-07	1.4@-08	1.4@-09	1.4@-10	
PREC. RUINA	1.1@+00	1.4@+00	1.8@+00	2.1@+00	2.4@+00	2.7@+00	3.0@+00	3.4@+00	3.7@+00	
V= 0.2										
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
SE=0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	0.6107	0.7357	0.8604	0.9849	1.1091	1.2330	1.3564	1.4795	1.6021	
CT	1.6793	2.0231	2.3662	2.7085	3.0501	3.3906	3.7302	4.0686	4.4057	
PROB. RUINA	0.9160	1.1035	1.2907	1.4774	1.6637	1.8494	2.0347	2.2192	2.4031	
PREC. RUINA	1.3@-02	1.4@-03	1.5@-04	1.7@-05	1.9@-06	2.1@-07	2.4@-08	2.7@-09	3.1@-10	
	1.2@+00	1.6@+00	1.9@+00	2.3@+00	2.7@+00	3.1@+00	3.7@+00	4.3@+00	4.9@+00	
0.10	0.6009	0.7387	0.8762	1.0133	1.1500	1.2862	1.4219	1.5570	1.6915	
C	1.8027	2.2161	2.6286	3.0399	3.4499	3.8586	4.2657	4.6711	5.0744	
CT	0.9013	1.1081	1.3143	1.5199	1.7250	1.9293	2.1329	2.3355	2.5372	
PROB. RUINA	1.4@-02	1.6@-03	1.7@-04	1.9@-05	2.2@-06	2.5@-07	2.9@-08	3.3@-09	3.9@-10	
PREC. RUINA	1.2@+00	1.6@+00	2.0@+00	2.4@+00	2.9@+00	3.4@+00	4.0@+00	4.7@+00	5.5@+00	
0.20	0.6516	0.8577	1.0625	1.2660	1.4677	1.6674	1.8646	2.0588	2.2492	
C	2.2805	3.0019	3.7189	4.4309	5.1370	5.8359	6.5263	7.2060	7.8722	
CT	0.9774	1.2865	1.5938	1.8990	2.2016	2.5011	2.7970	3.0883	3.3738	
PROB. RUINA	2.2@-02	2.6@-03	3.1@-04	3.8@-05	4.6@-06	5.8@-07	7.4@-08	9.9@-09	1.4@-09	
PREC. RUINA	1.4@+00	2.0@+00	2.7@+00	3.4@+00	4.4@+00	5.6@+00	7.1@+00	9.1@+00	1.2@+01	
0.30	0.6092	0.8088	1.0072	1.2045	1.4002	1.5943	1.7862	1.9757	2.1620	
C	2.4368	3.2350	4.0289	4.8179	5.6010	6.3771	7.1450	7.9027	8.6479	
CT	0.9138	1.2131	1.5109	1.8067	2.1004	2.3914	2.6794	2.9635	3.2429	
PROB. RUINA	2.1@-02	2.4@-03	2.9@-04	3.4@-05	4.1@-06	5.1@-07	6.5@-08	8.4@-09	1.1@-09	
PREC. RUINA	1.3@+00	1.8@+00	2.5@+00	3.2@+00	4.0@+00	5.1@+00	6.4@+00	8.1@+00	1.0@+01	

V = 0.4										
DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
CARGAS										
0.05	0.5847	0.7020	0.8179	0.9319	1.0435	1.1522	1.2568	1.3558	1.4469	
C	1.6078	1.9305	2.2491	2.5626	2.8697	3.1685	3.4562	3.7285	3.9790	
CT	0.8770	1.0530	1.2268	1.3978	1.5653	1.7283	1.8852	2.0337	2.1703	
PROB. RUINA	2.08-02	2.58-03	3.38-04	4.48-05	6.18-06	8.98-07	1.48-07	2.48-08	4.98-09	
PREC. RUINA	1.68+00	2.18+00	2.78+00	3.68+00	4.88+00	6.58+00	9.18+00	1.38+01	2.18+01	
0.10	0.5730	0.7016	0.8283	0.9525	1.0735	1.1903	1.3014	1.4042	1.4952	
C	1.7190	2.1049	2.4849	2.8575	3.2206	3.5710	3.9041	4.2127	4.4855	
CT	0.8595	1.0524	1.2424	1.4287	1.6103	1.7855	1.9520	2.1063	2.2428	
PROB. RUINA	2.28-02	2.88-03	3.78-04	5.18-05	7.48-06	1.28-06	2.08-07	3.88-08	8.98-09	
PREC. RUINA	1.58+00	2.18+00	2.88+00	3.88+00	5.38+00	7.48+00	1.18+01	1.78+01	3.18+01	
0.20	0.6064	0.7911	0.9689	1.1372	1.2921	1.4274	1.5346	1.6061	1.6434	
C	2.1224	2.7688	3.3911	3.9804	4.5225	4.9960	5.3711	5.6214	5.7520	
CT	0.9096	1.1866	1.4533	1.7059	1.9382	2.1411	2.3019	2.4092	2.4651	
PROB. RUINA	3.68-02	5.28-03	8.28-04	1.48-04	2.98-05	7.08-06	2.38-06	1.18-06	7.48-07	
PREC. RUINA	1.88+00	2.88+00	4.38+00	6.88+00	1.18+01	2.28+01	5.28+01	1.88+02	9.28+02	
0.30	0.5691	0.7495	0.9240	1.0905	1.2459	1.3850	1.5006	1.5843	1.6328	
C	2.2765	2.9979	3.6960	4.3621	4.9836	5.5402	6.0026	6.3371	6.5313	
CT	0.8537	1.1242	1.3860	1.6358	1.8688	2.0776	2.2510	2.3764	2.4492	
PROB. RUINA	3.28-02	4.68-03	7.08-04	1.28-04	2.28-05	4.98-06	1.48-06	5.78-07	3.48-07	
PREC. RUINA	1.68+00	2.58+00	3.88+00	5.98+00	9.68+00	1.78+01	3.78+01	1.18+02	4.68+02	
V = 0.6										
DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
CARGAS										
0.05	0.5552	0.6615	0.7629	0.8574	0.9419	1.0118	1.0621	1.0911	1.1040	
C	1.5267	1.8191	2.0979	2.3578	2.5902	2.7825	2.9209	3.0006	3.0361	
CT	0.8328	0.9922	1.1443	1.2861	1.4128	1.5177	1.5932	1.6367	1.6560	
PROB. RUINA	3.48-02	5.28-03	8.68-04	1.68-04	3.78-05	1.18-05	4.48-06	2.68-06	2.18-06	
PREC. RUINA	2.08+00	3.08+00	4.58+00	7.38+00	1.38+01	2.88+01	8.08+01	3.58+02	2.38+03	
0.10	0.5420	0.6578	0.7674	0.8682	0.9561	1.0257	1.0720	1.0961	1.1060	
C	1.6259	1.9733	2.3021	2.6045	2.8684	3.0771	3.2161	3.2884	3.3180	
CT	0.8129	0.9866	1.1510	1.3022	1.4342	1.5386	1.6081	1.6442	1.6590	
PROB. RUINA	3.68-02	5.68-03	9.88-04	2.08-04	4.88-05	1.68-05	7.68-06	5.28-06	4.48-06	
PREC. RUINA	1.98+00	3.08+00	4.78+00	7.98+00	1.58+01	3.68+01	1.28+02	6.48+02	4.88+03	
0.20	0.5589	0.7160	0.8545	0.9661	1.0428	1.0843	1.1018	1.1081	1.1101	
C	1.9562	2.5060	2.9906	3.3814	3.6498	3.7951	3.8564	3.8783	3.8855	
CT	0.8384	1.0740	1.2817	1.4492	1.5642	1.6265	1.6527	1.6621	1.6652	
PROB. RUINA	5.88-02	1.18-02	2.78-03	8.58-04	3.88-04	2.58-04	2.18-04	1.98-04	1.98-04	
PREC. RUINA	2.38+00	4.28+00	8.38+00	2.08+01	6.48+01	3.28+02	2.38+03	2.08+04	1.98+05	
0.30	0.5272	0.6832	0.8233	0.9402	1.0255	1.0757	1.0984	1.1069	1.1098	
C	2.1090	2.7329	3.2932	3.7609	4.1022	4.3026	4.3937	4.4277	4.4391	
CT	0.7909	1.0248	1.2350	1.4103	1.5383	1.6135	1.6477	1.6604	1.6646	
PROB. RUINA	5.08-02	9.48-03	2.18-03	5.98-04	2.38-04	1.48-04	1.18-04	9.88-05	9.58-05	
PREC. RUINA	2.08+00	3.68+00	6.88+00	1.58+01	4.38+01	1.98+02	1.28+03	1.08+04	9.68+04	

$$-23 - T = 2$$

V= 0.8										
DISPERSION/COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
CARGAS										
Q=0.05	0.5221	0.6132	0.6928	0.7558	0.7978	0.8197	0.8287	0.8318	0.8328	
C	1.4357	1.6863	1.9051	2.0784	2.1939	2.2542	2.2788	2.2875	2.2903	
CT	0.7831	0.9198	1.0391	1.1337	1.1967	1.2295	1.2430	1.2477	1.2493	
PROB. RUINA	6.1e-02	1.2e-02	3.0e-03	9.8e-04	4.7e-04	3.2e-04	2.7e-04	2.6e-04	2.5e-04	
PREC. RUINA	2.7e+00	4.7e+00	9.1e+00	2.2e+01	7.5e+01	3.9e+02	2.9e+03	2.6e+04	2.5e+05	
0.10	0.5079	0.6068	0.6920	0.7578	0.7999	0.8208	0.8291	0.8320	0.8329	
C	1.5238	1.8205	2.0760	2.2734	2.3997	2.4625	2.4873	2.4959	2.4987	
CT	0.7619	0.9102	1.0380	1.1367	1.1999	1.2313	1.2437	1.2480	1.2493	
PROB. RUINA	6.2e-02	1.3e-02	3.3e-03	1.1e-03	5.8e-04	4.2e-04	3.7e-04	3.5e-04	3.5e-04	
PREC. RUINA	2.6e+00	4.6e+00	9.4e+00	2.4e+01	8.8e+01	5.0e+02	3.9e+03	3.6e+04	3.5e+05	
0.20	0.5108	0.6369	0.7317	0.7898	0.8175	0.8280	0.8316	0.8328	0.8332	
C	1.7878	2.2291	2.5608	2.7644	2.8611	2.8981	2.9107	2.9148	2.9161	
CT	0.7662	0.9553	1.0975	1.1848	1.2262	1.2420	1.2474	1.2492	1.2497	
PROB. RUINA	9.6e-02	2.6e-02	9.7e-03	5.3e-03	4.0e-03	3.6e-03	3.4e-03	3.4e-03	3.4e-03	
PREC. RUINA	2.9e+00	6.6e+00	1.9e+01	7.6e+01	4.6e+02	3.8e+03	3.5e+04	3.4e+05	3.4e+06	
0.30	0.4848	0.6132	0.7137	0.7794	0.8129	0.8264	0.8311	0.8326	0.8331	
C	1.9394	2.4530	2.8549	3.1178	3.2517	3.3056	3.3243	3.3305	3.3324	
CT	0.7273	0.9199	1.0706	1.1692	1.2194	1.2396	1.2466	1.2489	1.2497	
PROB. RUINA	8.0e-02	2.0e-02	6.8e-03	3.3e-03	2.3e-03	2.0e-03	1.9e-03	1.9e-03	1.9e-03	
PREC. RUINA	2.5e+00	5.5e+00	1.4e+01	5.1e+01	2.8e+02	2.2e+03	2.0e+04	1.9e+05	1.9e+06	

$$T = 1/2$$

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.10

V= 0.0										
DISPERSION/COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
CARGAS										
Q=0.05	0.8600	0.9238	0.9876	1.0514	1.1152	1.1790	1.2428	1.3066	1.3704	
C	1.1825	1.2702	1.3579	1.4456	1.5334	1.6211	1.7088	1.7965	1.8842	
CT	2.5800	2.7713	2.9627	3.1541	3.3455	3.5369	3.7283	3.9197	4.1111	
PROB. RUINA	8.3e-03	8.3e-04	8.3e-05	8.3e-06	8.3e-07	8.3e-08	8.3e-09	8.3e-10	8.3e-11	
PREC. RUINA	2.7e+00	2.9e+00	3.0e+00	3.2e+00	3.4e+00	3.6e+00	3.8e+00	4.0e+00	4.2e+00	
0.10	0.8710	0.9821	1.0933	1.2044	1.3155	1.4266	1.5377	1.6488	1.7599	
C	1.3066	1.4732	1.6399	1.8066	1.9732	2.1399	2.3066	2.4732	2.6399	
CT	2.6131	2.9464	3.2798	3.6131	3.9464	4.2798	4.6131	4.9464	5.2798	
PROB. RUINA	1.4e-02	1.4e-03	1.4e-04	1.4e-05	1.4e-06	1.4e-07	1.4e-08	1.4e-09	1.4e-10	
PREC. RUINA	2.8e+00	3.1e+00	3.4e+00	3.8e+00	4.1e+00	4.4e+00	4.8e+00	5.1e+00	5.4e+00	
0.20	0.9042	1.1182	1.3322	1.5462	1.7602	1.9742	2.1883	2.4023	2.6163	
C	1.5823	1.9568	2.3313	2.7059	3.0804	3.4549	3.8295	4.2040	4.5785	
CT	2.7125	3.3545	3.9966	4.6386	5.2807	5.9227	6.5648	7.2068	7.8489	
PROB. RUINA	2.8e-02	2.8e-03	2.8e-04	2.8e-05	2.8e-06	2.8e-07	2.8e-08	2.8e-09	2.8e-10	
PREC. RUINA	3.0e+00	3.6e+00	4.3e+00	4.9e+00	5.6e+00	6.2e+00	6.8e+00	7.5e+00	8.1e+00	

0.30	0.9004	1.1782	1.4559	1.7337	2.0115	2.2893	2.5671	2.8448	3.1226
C	1.8008	2.3563	2.9119	3.4674	4.0230	4.5786	5.1341	5.6897	6.2452
CT	2.7012	3.5345	4.3678	5.2012	6.0345	6.8678	7.7012	8.5345	9.3678
PROB. RUINA	3.6e-02	3.6e-03	3.6e-04	3.6e-05	3.6e-06	3.6e-07	3.6e-08	3.6e-09	3.6e-10
PREC. RUINA	3.1e+00	3.9e+00	4.7e+00	5.6e+00	6.4e+00	7.2e+00	8.1e+00	8.9e+00	9.7e+00

V = 0.2									
DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS									
q=0.05	0.8223	0.8820	0.9415	1.0006	1.0592	1.1175	1.1751	1.2321	1.2882
C	1.1307	1.2128	1.2945	1.3758	1.4565	1.5365	1.6158	1.6941	1.7713
CT	2.4669	2.6461	2.8244	3.0017	3.1777	3.3524	3.5253	3.6962	3.8646
PROB. RUINA	3.2e-02	3.8e-03	4.4e-04	5.2e-05	6.3e-06	7.7e-07	9.6e-08	1.2e-08	1.6e-09
PREC. RUINA	5.2e+00	6.0e+00	6.9e+00	8.0e+00	9.3e+00	1.1e+01	1.3e+01	1.5e+01	1.9e+01

0.10	0.8071	0.9064	1.0042	1.1002	1.1939	1.2845	1.3709	1.4513	1.5232
C	1.2107	1.3596	1.5063	1.6503	1.7908	1.9267	2.0563	2.1770	2.2848
CT	2.4214	2.7192	3.0126	3.3007	3.5817	3.8534	4.1126	4.3540	4.5697
PROB. RUINA	5.4e-02	7.0e-03	9.2e-04	1.3e-04	1.8e-05	2.8e-06	4.6e-07	8.7e-08	2.0e-08
PREC. RUINA	5.2e+00	6.7e+00	8.5e+00	1.1e+01	1.4e+01	2.0e+01	2.8e+01	4.2e+01	7.3e+01

0.20	0.7856	0.9589	1.1237	1.2764	1.4114	1.5211	1.5973	1.6392	1.6571
C	1.3749	1.6782	1.9665	2.2336	2.4700	2.6619	2.7953	2.8686	2.8999
CT	2.3569	2.8768	3.3711	3.8291	4.2343	4.5632	4.7919	4.9176	4.9713
PROB. RUINA	1.0e-01	1.5e-02	2.6e-03	5.1e-04	1.2e-04	3.7e-05	1.6e-05	1.0e-05	8.5e-06
PREC. RUINA	5.5e+00	8.3e+00	1.3e+01	2.1e+01	4.0e+01	8.9e+01	2.8e+02	1.3e+03	9.3e+03

0.30	0.7549	0.9683	1.1658	1.3403	1.4814	1.5789	1.6321	1.6547	1.6627
C	1.5097	1.9366	2.3317	2.6806	2.9629	3.1578	3.2642	3.3093	3.3255
CT	2.2646	2.9049	3.4975	4.0209	4.4443	4.7368	4.8962	4.9640	4.9882
PROB. RUINA	1.2e-01	2.1e-02	4.0e-03	9.4e-04	2.9e-04	1.3e-04	8.4e-05	7.0e-05	6.5e-05
PREC. RUINA	5.3e+00	9.0e+00	1.6e+01	3.0e+01	6.9e+01	2.2e+02	1.1e+03	7.7e+03	6.7e+04

V = 0.4									
DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS									
q=0.05	0.7392	0.7757	0.8033	0.8204	0.8286	0.8318	0.8328	0.8332	0.8333
C	1.0164	1.0666	1.1046	1.1281	1.1393	1.1437	1.1451	1.1456	1.1458
CT	2.2175	2.3272	2.4100	2.4613	2.4858	2.4953	2.4985	2.4995	2.4998
PROB. RUINA	6.5e-01	1.7e-01	6.4e-02	3.5e-02	2.6e-02	2.3e-02	2.2e-02	2.2e-02	2.2e-02
PREC. RUINA	2.6e+01	5.1e+01	1.3e+02	5.1e+02	3.0e+03	2.4e+04	2.3e+05	2.2e+06	2.2e+07

0.10	0.6966	0.7545	0.7953	0.8181	0.8280	0.8316	0.8328	0.8332	0.8333
C	1.0449	1.1318	1.1930	1.2272	1.2420	1.2474	1.2492	1.2497	1.2499
CT	2.0898	2.2636	2.3859	2.4543	2.4840	2.4947	2.4983	2.4995	2.4998
PROB. RUINA	5.4e-01	1.6e-01	7.0e-02	4.3e-02	3.5e-02	3.3e-02	3.2e-02	3.2e-02	3.2e-02
PREC. RUINA	1.8e+01	4.0e+01	1.2e+02	5.7e+02	3.9e+03	3.4e+04	3.2e+05	3.2e+06	3.2e+07

0.20	0.6362	0.7300	0.7886	0.8169	0.8278	0.8316	0.8328	0.8332	0.8333
C	1.1133	1.2776	1.3800	1.4295	1.4487	1.4552	1.4573	1.4580	1.4582
CT	1.9086	2.1901	2.3657	2.4506	2.4834	2.4947	2.4983	2.4995	2.4998
PROB. RUINA	5.0e-01	1.8e-01	9.7e-02	7.1e-02	6.3e-02	6.1e-02	6.0e-02	6.0e-02	6.0e-02
PREC. RUINA	1.3e+01	3.6e+01	1.4e+02	8.4e+02	6.7e+03	6.2e+04	6.0e+05	6.0e+06	6.0e+07

0.30	0.5967	0.7124	0.7823	0.8148	0.8272	0.8314	0.8327	0.8331	0.8333
C	1.1933	1.4248	1.5645	1.6297	1.6544	1.6627	1.6654	1.6663	1.6665
CT	1.7900	2.1373	2.3468	2.4445	2.4815	2.4941	2.4981	2.4994	2.4998
PROB. RUINA	4.5@-01	1.7@-01	9.6@-02	7.4@-02	6.6@-02	6.4@-02	6.3@-02	6.3@-02	6.3@-02
PREC. RUINA	1.1@+01	3.2@+01	1.3@+02	8.5@+02	7.0@+03	6.5@+04	6.4@+05	6.3@+06	6.3@+07

V = 0.6									
DISPERSION/COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS									
0.05	0.5534	0.5548	0.5553	0.5555	0.5555	0.5555	0.5556	0.5556	0.5556
C	0.7609	0.7629	0.7636	0.7638	0.7639	0.7639	0.7639	0.7639	0.7639
CT	1.6601	1.6645	1.6660	1.6665	1.6666	1.6666	1.6667	1.6667	1.6667
PROB. RUINA	5.3@+02	5.0@+02	5.0@+02	4.9@+02	4.9@+02	4.9@+02	4.9@+02	4.9@+02	4.9@+02
PREC. RUINA	5.7@+03	5.2@+04	5.0@+05	4.9@+06	4.9@+07	4.9@+08	4.9@+09	4.9@+10	4.9@+11

0.10	0.5379	0.5493	0.5535	0.5549	0.5553	0.5555	0.5555	0.5555	0.5556
C	0.8069	0.8239	0.8302	0.8323	0.8330	0.8332	0.8333	0.8333	0.8333
CT	1.6138	1.6479	1.6605	1.6647	1.6660	1.6665	1.6666	1.6666	1.6667
PROB. RUINA	1.4@+01	1.1@+01	1.0@+01	1.0@+01	1.0@+01	1.0@+01	1.0@+01	1.0@+01	1.0@+01
PREC. RUINA	1.9@+02	1.3@+03	1.1@+04	1.0@+05	1.0@+06	1.0@+07	1.0@+08	1.0@+09	1.0@+10

0.20	0.4943	0.5318	0.5474	0.5529	0.5547	0.5553	0.5555	0.5555	0.5555
C	0.8650	0.9307	0.9580	0.9676	0.9707	0.9718	0.9721	0.9722	0.9722
CT	1.4829	1.5955	1.6422	1.6587	1.6641	1.6659	1.6664	1.6666	1.6666
PROB. RUINA	2.3@+00	1.5@+00	1.3@+00	1.2@+00	1.2@+00	1.2@+00	1.2@+00	1.2@+00	1.2@+00
PREC. RUINA	3.6@+01	1.9@+02	1.4@+03	1.3@+04	1.2@+05	1.2@+06	1.2@+07	1.2@+08	1.2@+09

0.30	0.4644	0.5193	0.5429	0.5514	0.5542	0.5551	0.5554	0.5555	0.5555
C	0.9287	1.0387	1.0859	1.1028	1.1085	1.1103	1.1108	1.1110	1.1111
CT	1.3931	1.5580	1.6288	1.6543	1.6627	1.6654	1.6663	1.6665	1.6666
PROB. RUINA	1.3@+00	8.5@-01	7.0@-01	6.5@-01	6.4@-01	6.3@-01	6.3@-01	6.3@-01	6.3@-01
PREC. RUINA	2.2@+01	1.1@+02	7.7@+02	6.8@+03	6.4@+04	6.4@+05	6.3@+06	6.3@+07	6.3@+08

V = 0.8									
DISPERSION/COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS									
0.05	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167
C	0.5729	0.5729	0.5729	0.5729	0.5729	0.5729	0.5729	0.5729	0.5729
CT	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500
PROB. RUINA	0.0@+00	0.0@+00	0.0@+00	0.0@+00	0.0@+00	0.0@+00	0.0@+00	0.0@+00	0.0@+00
PREC. RUINA	1.0@+06	1.0@+06	1.0@+06	1.0@+06	1.0@+06	1.0@+06	1.0@+06	1.0@+06	1.0@+06

0.10	0.4130	0.4155	0.4163	0.4165	0.4166	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167
C	0.6196	0.6232	0.6244	0.6248	0.6249	0.6250	0.6250	0.6250	0.6250
CT	1.2391	1.2465	1.2489	1.2496	1.2499	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500
PROB. RUINA	1.9@+02	1.8@+02	1.8@+02	1.8@+02	1.8@+02	1.8@+02	1.8@+02	1.8@+02	1.8@+02
PREC. RUINA	2.1@+03	1.9@+04	1.8@+05	1.8@+06	1.8@+07	1.8@+08	1.8@+09	1.8@+10	1.8@+11

0.20	0.3904	0.4076	0.4137	0.4157	0.4164	0.4166	0.4166	0.4167	0.4167
C	0.6832	0.7132	0.7240	0.7275	0.7286	0.7290	0.7291	0.7292	0.7292
CT	1.1712	1.2227	1.2411	1.2471	1.2491	1.2497	1.2499	1.2500	1.2500
PROB. RUINA	7.0@+00	5.8@+00	5.5@+00	5.3@+00	5.3@+00	5.3@+00	5.3@+00	5.3@+00	5.3@+00
PREC. RUINA	8.9@+01	6.4@+02	5.6@+03	5.4@+04	5.3@+05	5.3@+06	5.3@+07	5.3@+08	5.3@+09

0.30	0.3704	0.4001	0.4112	0.4149	0.4161	0.4165	0.4166	0.4166	0.4167
C	0.7407	0.8002	0.8224	0.8298	0.8322	0.8330	0.8332	0.8333	0.8333
CT	1.1111	1.2003	1.2335	1.2447	1.2483	1.2495	1.2498	1.2499	1.2500
PROB. RUINA	2.9e+00	2.3e+00	2.1e+00	2.0e+00	2.0e+00	2.0e+00	2.0e+00	2.0e+00	2.0e+00
PREC. RUINA	3.9e+01	2.6e+02	2.2e+03	2.1e+04	2.0e+05	2.0e+06	2.0e+07	2.0e+08	2.0e+09

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.20

V= 0.0										
DISPERSION/COSTE										
CARGAS										
SQ=0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	0.6665	0.7233	0.7801	0.8370	0.8938	0.9506	1.0074	1.0642	1.1211	
CT	1.2219	1.3261	1.4303	1.5344	1.6386	1.7428	1.8469	1.9511	2.0553	
PROB. RUINA	1.9995	2.1700	2.3404	2.5109	2.6814	2.8518	3.0223	3.1927	3.3632	
PREC. RUINA	7.4e-03	7.4e-04	7.4e-05	7.4e-06	7.4e-07	7.4e-08	7.4e-09	7.4e-10	7.4e-11	
	2.1e+00	2.2e+00	2.4e+00	2.6e+00	2.8e+00	2.9e+00	3.1e+00	3.3e+00	3.4e+00	
0.10	0.6761	0.7677	0.8593	0.9509	1.0424	1.1340	1.2256	1.3172	1.4087	
C	1.3523	1.5354	1.7186	1.9017	2.0849	2.2680	2.4512	2.6343	2.8175	
CT	2.0284	2.3031	2.5778	2.8526	3.1273	3.4020	3.6767	3.9515	4.2262	
PROB. RUINA	1.2e-02	1.2e-03	1.2e-04	1.2e-05	1.2e-06	1.2e-07	1.2e-08	1.2e-09	1.2e-10	
PREC. RUINA	2.1e+00	2.4e+00	2.7e+00	3.0e+00	3.2e+00	3.5e+00	3.8e+00	4.1e+00	4.3e+00	
0.20	0.7202	0.8988	1.0774	1.2559	1.4345	1.6131	1.7917	1.9702	2.1488	
C	1.6805	2.0972	2.5139	2.9305	3.3472	3.7639	4.1805	4.5972	5.0139	
CT	2.1607	2.6964	3.2321	3.7678	4.3035	4.8393	5.3750	5.9107	6.4464	
PROB. RUINA	2.3e-02	2.3e-03	2.3e-04	2.3e-05	2.3e-06	2.3e-07	2.3e-08	2.3e-09	2.3e-10	
PREC. RUINA	2.4e+00	2.9e+00	3.5e+00	4.0e+00	4.5e+00	5.1e+00	5.6e+00	6.1e+00	6.7e+00	
0.30	0.7224	0.9497	1.1769	1.4042	1.6315	1.8588	2.0860	2.3133	2.5406	
C	1.9264	2.5325	3.1385	3.7446	4.3506	4.9567	5.5628	6.1688	6.7749	
CT	2.1672	2.8490	3.5308	4.2126	4.8945	5.5763	6.2581	6.9399	7.6217	
PROB. RUINA	3.0e-02	3.0e-03	3.0e-04	3.0e-05	3.0e-06	3.0e-07	3.0e-08	3.0e-09	3.0e-10	
PREC. RUINA	2.5e+00	3.1e+00	3.8e+00	4.5e+00	5.2e+00	5.9e+00	6.6e+00	7.2e+00	7.9e+00	

V= 0.2										
DISPERSION/COSTE										
CARGAS										
SQ=0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	0.6425	0.6966	0.7506	0.8044	0.8581	0.9115	0.9647	1.0177	1.0703	
CT	1.1779	1.2771	1.3761	1.4748	1.5732	1.6711	1.7687	1.8658	1.9623	
PROB. RUINA	1.9274	2.0899	2.2518	2.4133	2.5743	2.7346	2.8942	3.0531	3.2110	
PREC. RUINA	2.0e-02	2.2e-03	2.5e-04	2.8e-05	3.1e-06	3.6e-07	4.2e-08	4.9e-09	5.8e-10	
	3.3e+00	3.8e+00	4.3e+00	4.9e+00	5.6e+00	6.4e+00	7.3e+00	8.3e+00	9.6e+00	
0.10	0.6378	0.7225	0.8067	0.8901	0.9727	1.0544	1.1347	1.2136	1.2904	
C	1.2755	1.4450	1.6133	1.7802	1.9455	2.1087	2.2695	2.4271	2.5807	
CT	1.9133	2.1675	2.4200	2.6703	2.9182	3.1631	3.4042	3.6407	3.8711	
PROB. RUINA	3.1e-02	3.7e-03	4.5e-04	5.5e-05	6.9e-06	8.8e-07	1.2e-07	1.6e-08	2.3e-09	
PREC. RUINA	3.4e+00	4.2e+00	5.1e+00	6.3e+00	7.7e+00	9.5e+00	1.2e+01	1.5e+01	1.9e+01	

0.20	0.6444	0.7978	0.9471	1.0910	1.2276	1.3537	1.4645	1.5533	1.6137
C	1.5036	1.8615	2.2099	2.5458	2.8644	3.1586	3.4171	3.6244	3.7654
CT	1.9332	2.3933	2.8413	3.2731	3.6828	4.0611	4.3934	4.6599	4.8412
PROB. RUINA	6.2E-02	8.6E-03	1.2E-03	2.0E-04	3.4E-05	6.6E-06	1.6E-06	5.0E-07	2.3E-07
PREC. RUINA	3.8E+00	5.4E+00	7.8E+00	1.1E+01	1.7E+01	2.8E+01	5.2E+01	1.2E+02	3.8E+02

0.30	0.6289	0.8167	0.9970	1.1666	1.3210	1.4531	1.5541	1.6176	1.6485
C	1.6770	2.1780	2.6586	3.1109	3.5226	3.8750	4.1442	4.3135	4.3960
CT	1.8866	2.4502	2.9909	3.4997	3.9629	4.3594	4.6622	4.8527	4.9455
PROB. RUINA	7.6E-02	1.1E-02	1.8E-03	3.3E-04	6.9E-05	1.8E-05	6.5E-06	3.4E-06	2.5E-06
PREC. RUINA	3.8E+00	5.9E+00	9.3E+00	1.5E+01	2.6E+01	5.2E+01	1.3E+02	5.1E+02	2.9E+03

V = 0.4										
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
SQ = 0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
0.6030	0.6489	0.6924	0.7327	0.7681	0.7966	0.8161	0.8266	0.8310		
C	1.1056	1.1897	1.2695	1.3432	1.4081	1.4604	1.4961	1.5154	1.5235	
CT	1.8091	1.9467	2.0773	2.1980	2.3042	2.3897	2.4482	2.4797	2.4930	
PROB. RUINA	9.7E-02	1.5E-02	2.6E-03	5.1E-04	1.2E-04	3.8E-05	1.7E-05	1.1E-05	9.4E-06	
PREC. RUINA	7.5E+00	1.0E+01	1.5E+01	2.3E+01	4.1E+01	9.2E+01	2.9E+02	1.4E+03	1.0E+04	
0.10	0.5811	0.6481	0.7084	0.7588	0.7958	0.8177	0.8277	0.8315	0.8327	
C	1.1622	1.2962	1.4167	1.5176	1.5916	1.6354	1.6555	1.6630	1.6655	
CT	1.7432	1.9443	2.1251	2.2764	2.3874	2.4531	2.4832	2.4954	2.4982	
PROB. RUINA	1.3E-01	2.4E-02	5.3E-03	1.5E-03	5.9E-04	3.4E-04	2.6E-04	2.4E-04	2.3E-04	
PREC. RUINA	7.1E+00	1.1E+01	1.9E+01	4.0E+01	1.1E+02	4.7E+02	3.0E+03	2.5E+04	2.4E+05	

0.20	0.5519	0.6575	0.7392	0.7916	0.8177	0.8281	0.8316	0.8328	0.8332
C	1.2877	1.5341	1.7247	1.8470	1.9080	1.9321	1.9405	1.9432	1.9440
CT	1.6556	1.9725	2.2175	2.3748	2.4531	2.4842	2.4949	2.4984	2.4995
PROB. RUINA	2.0E-01	5.2E-02	1.8E-02	9.3E-03	6.6E-03	5.8E-03	5.5E-03	5.4E-03	5.4E-03
PREC. RUINA	6.9E+00	1.5E+01	3.8E+01	1.4E+02	7.9E+02	6.2E+03	5.7E+04	5.5E+05	5.4E+06
0.30	0.5257	0.6504	0.7415	0.7952	0.8197	0.8288	0.8319	0.8329	0.8332
C	1.4018	1.7343	1.9774	2.1206	2.1858	2.2102	2.2184	2.2210	2.2218
CT	1.5771	1.9511	2.2246	2.3857	2.4591	2.4864	2.4956	2.4986	2.4996
PROB. RUINA	2.2E-01	6.1E-02	2.4E-02	1.4E-02	1.1E-02	1.0E-02	9.8E-03	9.7E-03	9.6E-03
PREC. RUINA	6.4E+00	1.5E+01	4.5E+01	1.9E+02	1.3E+03	1.1E+04	9.9E+04	9.7E+05	9.7E+06

V = 0.6										
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
SQ = 0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
0.5244	0.5416	0.5503	0.5538	0.5550	0.5554	0.5555	0.5555	0.5555	0.5555	
C	0.9614	0.9929	1.0089	1.0152	1.0175	1.0182	1.0184	1.0185	1.0185	
CT	1.5731	1.6247	1.6509	1.6613	1.6649	1.6661	1.6665	1.6666	1.6666	
PROB. RUINA	2.3E+00	1.2E+00	8.2E-01	7.1E-01	6.8E-01	6.7E-01	6.7E-01	6.6E-01	6.6E-01	
PREC. RUINA	5.2E+01	1.8E+02	1.0E+03	7.7E+03	7.0E+04	6.7E+05	6.7E+06	6.7E+07	6.6E+08	
0.10	0.4971	0.5282	0.5449	0.5519	0.5544	0.5552	0.5554	0.5555	0.5555	
C	0.9941	1.0564	1.0898	1.1037	1.1087	1.1103	1.1109	1.1110	1.1111	
CT	1.4912	1.5846	1.6347	1.6556	1.6631	1.6655	1.6663	1.6666	1.6666	
PROB. RUINA	1.1E+00	4.9E-01	3.2E-01	2.7E-01	2.5E-01	2.5E-01	2.5E-01	2.5E-01	2.5E-01	
PREC. RUINA	2.5E+01	8.1E+01	4.1E+02	3.0E+03	2.6E+04	2.5E+05	2.5E+06	2.5E+07	2.5E+08	

0.20	0.4550	0.5102	0.5384	0.5497	0.5537	0.5550	0.5554	0.5555	0.5555
C	1.0618	1.1905	1.2562	1.2826	1.2919	1.2949	1.2958	1.2962	1.2963
CT	1.3651	1.5306	1.6151	1.6491	1.6610	1.6649	1.6661	1.6665	1.6666
PROB. RUINA	7.1e-01	3.5e-01	2.4e-01	2.1e-01	2.0e-01	2.0e-01	1.9e-01	1.9e-01	1.9e-01
PREC. RUINA	1.5e+01	5.4e+01	2.9e+02	2.3e+03	2.0e+04	2.0e+05	2.0e+06	1.9e+07	1.9e+08

0.30	0.4295	0.4989	0.5341	0.5483	0.5532	0.5548	0.5553	0.5555	0.5555
C	1.1454	1.3305	1.4244	1.4621	1.4752	1.4795	1.4808	1.4813	1.4814
CT	1.2886	1.4968	1.6024	1.6448	1.6596	1.6644	1.6660	1.6664	1.6666
PROB. RUINA	5.8e-01	2.8e-01	2.0e-01	1.7e-01	1.6e-01	1.6e-01	1.6e-01	1.6e-01	1.6e-01
PREC. RUINA	1.1e+01	4.3e+01	2.4e+02	1.9e+03	1.7e+04	1.6e+05	1.6e+06	1.6e+07	1.6e+08

V= 0.8										
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
SR=0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	0.4142	0.4158	0.4164	0.4166	0.4166	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167	
CT	0.7593	0.7624	0.7634	0.7637	0.7638	0.7639	0.7639	0.7639	0.7639	
PROB. RUINA	1.2425	1.2475	1.2492	1.2498	1.2499	1.2500	1.2500	1.2500	1.2500	
PREC. RUINA	2.0e+02	1.9e+02	1.9e+02	1.9e+02	1.8e+02	1.8e+02	1.8e+02	1.8e+02	1.8e+02	
	2.3e+03	2.0e+04	1.9e+05	1.9e+06	1.9e+07	1.8e+08	1.8e+09	1.8e+10	1.8e+11	
0.10	0.4032	0.4119	0.4151	0.4162	0.4165	0.4166	0.4167	0.4167	0.4167	
C	0.8064	0.8238	0.8302	0.8323	0.8330	0.8332	0.8333	0.8333	0.8333	
CT	1.2096	1.2357	1.2453	1.2485	1.2495	1.2498	1.2500	1.2500	1.2500	
PROB. RUINA	1.1e+01	9.2e+00	8.5e+00	8.2e+00	8.2e+00	8.1e+00	8.1e+00	8.1e+00	8.1e+00	
PREC. RUINA	1.5e+02	1.0e+03	8.8e+03	8.3e+04	8.2e+05	8.1e+06	8.1e+07	8.1e+08	8.1e+09	
0.20	0.3724	0.4000	0.4110	0.4148	0.4161	0.4165	0.4166	0.4166	0.4167	
C	0.8690	0.9332	0.9590	0.9679	0.9709	0.9718	0.9721	0.9722	0.9722	
CT	1.1172	1.1999	1.2330	1.2445	1.2482	1.2494	1.2498	1.2499	1.2500	
PROB. RUINA	2.1e+00	1.4e+00	1.3e+00	1.2e+00	1.2e+00	1.2e+00	1.2e+00	1.2e+00	1.2e+00	
PREC. RUINA	3.1e+01	1.7e+02	1.3e+03	1.2e+04	1.2e+05	1.2e+06	1.2e+07	1.2e+08	1.2e+09	
0.30	0.3526	0.3920	0.4082	0.4139	0.4158	0.4164	0.4166	0.4166	0.4167	
C	0.9404	1.0452	1.0885	1.1037	1.1088	1.1104	1.1109	1.1110	1.1111	
CT	1.0579	1.1759	1.2246	1.2417	1.2474	1.2492	1.2497	1.2499	1.2500	
PROB. RUINA	1.3e+00	8.4e-01	7.1e-01	6.7e-01	6.6e-01	6.6e-01	6.6e-01	6.6e-01	6.6e-01	
PREC. RUINA	1.9e+01	1.0e+02	7.7e+02	6.9e+03	6.7e+04	6.6e+05	6.6e+06	6.6e+07	6.6e+08	

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.30

V= 0.0										
DISPERSION COSTE										
CARGAS										
SR=0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	0.5034	0.5715	0.6396	0.7077	0.7758	0.8439	0.9119	0.9800	1.0481	
CT	1.3843	1.5715	1.7588	1.9461	2.1333	2.3206	2.5079	2.6951	2.8824	
PROB. RUINA	1.5101	1.7144	1.9187	2.1230	2.3273	2.5316	2.7358	2.9401	3.1444	
PREC. RUINA	8.9e-03	8.9e-04	8.9e-05	8.9e-06	8.9e-07	8.9e-08	8.9e-09	8.9e-10	8.9e-11	
	1.6e+00	1.8e+00	2.0e+00	2.2e+00	2.4e+00	2.6e+00	2.8e+00	3.0e+00	3.2e+00	
0.10	0.4883	0.5660	0.6437	0.7214	0.7991	0.8768	0.9545	1.0322	1.1099	
C	1.4650	1.6981	1.9312	2.1643	2.3974	2.6305	2.8636	3.0967	3.3298	
CT	1.4650	1.6981	1.9312	2.1643	2.3974	2.6305	2.8636	3.0967	3.3298	
PROB. RUINA	1.0e-02	1.0e-03	1.0e-04	1.0e-05	1.0e-06	1.0e-07	1.0e-08	1.0e-09	1.0e-10	
PREC. RUINA	1.6e+00	1.8e+00	2.0e+00	2.3e+00	2.5e+00	2.7e+00	3.0e+00	3.2e+00	3.4e+00	

0.20	0.5240	0.6601	0.7961	0.9322	1.0682	1.2043	1.3403	1.4764	1.6124
C	1.8340	2.3102	2.7864	3.2626	3.7388	4.2149	4.6911	5.1673	5.6435
CT	1.5720	1.9802	2.3883	2.7965	3.2046	3.6128	4.0210	4.4291	4.8373
PROB. RUINA	1.8e-02	1.8e-03	1.8e-04	1.8e-05	1.8e-06	1.8e-07	1.8e-08	1.8e-09	1.8e-10
PREC. RUINA	1.7e+00	2.2e+00	2.6e+00	3.0e+00	3.4e+00	3.8e+00	4.2e+00	4.6e+00	5.0e+00

0.30	0.5193	0.6795	0.8398	1.0000	1.1603	1.3206	1.4808	1.6411	1.8013
C	2.0771	2.7181	3.3592	4.0002	4.6412	5.2822	5.9233	6.5643	7.2053
CT	1.5578	2.0386	2.5194	3.0001	3.4809	3.9617	4.4424	4.9232	5.4040
PROB. RUINA	2.1e-02	2.1e-03	2.1e-04	2.1e-05	2.1e-06	2.1e-07	2.1e-08	2.1e-09	2.1e-10
PREC. RUINA	1.8e+00	2.2e+00	2.7e+00	3.2e+00	3.7e+00	4.2e+00	4.7e+00	5.1e+00	5.6e+00

V = 0.2									
DISPERSION COSTE									
CARGAS									
SQ = 0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.4831	0.5479	0.6125	0.6768	0.7410	0.8048	0.8684	0.9316	0.9944	
C	1.3286	1.5067	1.6843	1.8613	2.0377	2.2133	2.3881	2.5620	2.7347
CT	1.4494	1.6437	1.8374	2.0305	2.2229	2.4145	2.6052	2.7949	2.9833
PROB. RUINA	1.8e-02	2.0e-03	2.2e-04	2.5e-05	2.9e-06	3.3e-07	3.9e-08	4.6e-09	5.5e-10
PREC. RUINA	2.2e+00	2.6e+00	3.1e+00	3.7e+00	4.3e+00	5.0e+00	5.8e+00	6.8e+00	7.9e+00

0.10	0.4662	0.5396	0.6128	0.6857	0.7582	0.8303	0.9019	0.9731	1.0435
C	1.3985	1.6188	1.8384	2.0570	2.2745	2.4909	2.7058	2.9192	3.1306
CT	1.3985	1.6188	1.8384	2.0570	2.2745	2.4909	2.7058	2.9192	3.1306
PROB. RUINA	2.0e-02	2.2e-03	2.5e-04	2.9e-05	3.4e-06	4.0e-07	4.8e-08	5.8e-09	7.2e-10
PREC. RUINA	2.1e+00	2.6e+00	3.2e+00	3.8e+00	4.5e+00	5.4e+00	6.4e+00	7.6e+00	9.1e+00

0.20	0.4835	0.6066	0.7282	0.8481	0.9658	1.0807	1.1919	1.2981	1.3971
C	1.6923	2.1230	2.5488	2.9685	3.3804	3.7826	4.1717	4.5432	4.8900
CT	1.4505	1.8197	2.1847	2.5444	2.8975	3.2422	3.5758	3.8942	4.1914
PROB. RUINA	3.5e-02	4.4e-03	5.6e-04	7.3e-05	1.0e-05	1.4e-06	2.2e-07	3.6e-08	6.8e-09
PREC. RUINA	2.4e+00	3.3e+00	4.4e+00	5.9e+00	7.9e+00	1.1e+01	1.5e+01	2.1e+01	3.3e+01

0.30	0.4728	0.6154	0.7557	0.8932	1.0270	1.1559	1.2781	1.3907	1.4894
C	1.8913	2.4615	3.0228	3.5727	4.1080	4.6237	5.1125	5.5629	5.9576
CT	1.4185	1.8462	2.2671	2.6796	3.0810	3.4678	3.8344	4.1722	4.4682
PROB. RUINA	4.1e-02	5.2e-03	7.0e-04	9.7e-05	1.4e-05	2.2e-06	3.8e-07	7.6e-08	1.8e-08
PREC. RUINA	2.4e+00	3.5e+00	4.8e+00	6.7e+00	9.4e+00	1.4e+01	2.0e+01	3.3e+01	6.0e+01

V = 0.4									
DISPERSION COSTE									
CARGAS									
SQ = 0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
0.4564	0.5146	0.5712	0.6255	0.6768	0.7238	0.7645	0.7961	0.8167	
C	1.2552	1.4152	1.5707	1.7202	1.8613	1.9905	2.1023	2.1894	2.2459
CT	1.3693	1.5438	1.7135	1.8765	2.0305	2.1715	2.2934	2.3884	2.4501
PROB. RUINA	4.3e-02	6.1e-03	9.0e-04	1.4e-04	2.5e-05	5.1e-06	1.3e-06	4.5e-07	2.2e-07
PREC. RUINA	3.5e+00	4.6e+00	6.3e+00	9.0e+00	1.3e+01	2.2e+01	4.1e+01	9.8e+01	3.4e+02

0.10	0.4380	0.5035	0.5668	0.6272	0.6834	0.7336	0.7750	0.8047	0.8217
C	1.3140	1.5104	1.7004	1.8815	2.0501	2.2007	2.3251	2.4141	2.4651
CT	1.3140	1.5104	1.7004	1.8815	2.0501	2.2007	2.3251	2.4141	2.4651
PROB. RUINA	4.5e-02	6.5e-03	9.9e-04	1.7e-04	3.1e-05	7.1e-06	2.1e-06	8.6e-07	5.2e-07
PREC. RUINA	3.2e+00	4.5e+00	6.3e+00	9.3e+00	1.5e+01	2.5e+01	5.4e+01	1.6e+02	7.0e+02

0.20	0.4364	0.5376	0.6296	0.7081	0.7678	0.8049	0.8229	0.8298	0.8322
C	1.5273	1.8817	2.2037	2.4785	2.6872	2.8173	2.8801	2.9044	2.9127
CT	1.3091	1.6129	1.8889	2.1244	2.3033	2.4148	2.4686	2.4895	2.4966
PROB. RUINA	7.8e-02	1.4e-02	3.0e-03	7.9e-04	2.9e-04	1.5e-04	1.1e-04	1.0e-04	9.6e-05
PREC. RUINA	3.5e+00	6.0e+00	1.1e+01	2.2e+01	5.8e+01	2.2e+02	1.3e+03	1.1e+04	9.8e+04

0.30	0.4213	0.5361	0.6379	0.7210	0.7794	0.8118	0.8258	0.8309	0.8325
C	1.6850	2.1442	2.5517	2.8842	3.1174	3.2471	3.3032	3.3234	3.3302
CT	1.2638	1.6082	1.9137	2.1631	2.3381	2.4354	2.4774	2.4926	2.4976
PROB. RUINA	8.5e-02	1.6e-02	3.8e-03	1.1e-03	5.0e-04	3.1e-04	2.6e-04	2.4e-04	2.3e-04
PREC. RUINA	3.4e+00	6.1e+00	1.2e+01	2.8e+01	8.6e+01	4.1e+02	2.8e+03	2.5e+04	2.3e+05

V= 0.6										
DISPERSION/COSTE										
CARGAS										
SQ=0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	0.4200	0.4645	0.5016	0.5286	0.5444	0.5516	0.5542	0.5551	0.5554	
CT	1.1549	1.2774	1.3795	1.4537	1.4972	1.5169	1.5242	1.5266	1.5274	
PROB. RUINA	1.2599	1.3935	1.5049	1.5859	1.6333	1.6548	1.6627	1.6654	1.6663	
PREC. RUINA	1.5e-01	3.3e-02	9.4e-03	3.8e-03	2.2e-03	1.7e-03	1.6e-03	1.5e-03	1.5e-03	
	6.7e+00	1.2e+01	2.5e+01	7.0e+01	3.0e+02	2.0e+03	1.7e+04	1.6e+05	1.5e+06	

0.10	0.4017	0.4524	0.4946	0.5252	0.5431	0.5511	0.5541	0.5551	0.5554
C	1.2050	1.3572	1.4838	1.5756	1.6292	1.6533	1.6623	1.6652	1.6662
CT	1.2050	1.3572	1.4838	1.5756	1.6292	1.6533	1.6623	1.6652	1.6662
PROB. RUINA	1.3e-01	2.9e-02	8.4e-03	3.4e-03	2.0e-03	1.6e-03	1.4e-03	1.4e-03	1.4e-03
PREC. RUINA	5.7e+00	1.0e+01	2.2e+01	6.3e+01	2.7e+02	1.8e+03	1.5e+04	1.4e+05	1.4e+06

0.20	0.3847	0.4564	0.5073	0.5361	0.5487	0.5533	0.5548	0.5553	0.5555
C	1.3463	1.5974	1.7756	1.8763	1.9205	1.9366	1.9419	1.9436	1.9442
CT	1.1540	1.3692	1.5219	1.6083	1.6461	1.6599	1.6645	1.6660	1.6664
PROB. RUINA	1.9e-01	5.6e-02	2.4e-02	1.4e-02	1.2e-02	1.1e-02	1.1e-02	1.0e-02	1.0e-02
PREC. RUINA	5.6e+00	1.3e+01	4.1e+01	1.9e+02	1.3e+03	1.1e+04	1.1e+05	1.0e+06	1.0e+07

0.30	0.3681	0.4493	0.5053	0.5358	0.5487	0.5533	0.5548	0.5553	0.5555
C	1.4723	1.7972	2.0212	2.1431	2.1948	2.2132	2.2194	2.2213	2.2219
CT	1.1042	1.3479	1.5159	1.6073	1.6461	1.6599	1.6645	1.6660	1.6665
PROB. RUINA	1.8e-01	5.7e-02	2.6e-02	1.6e-02	1.4e-02	1.3e-02	1.3e-02	1.2e-02	1.2e-02
PREC. RUINA	5.1e+00	1.3e+01	4.2e+01	2.1e+02	1.5e+03	1.3e+04	1.3e+05	1.2e+06	1.2e+07

V= 0.8										
DISPERSION/COSTE										
CARGAS										
SQ=0.05	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9	
C	0.3717	0.3954	0.4083	0.4138	0.4157	0.4164	0.4166	0.4166	0.4167	
CT	1.0222	1.0874	1.1229	1.1379	1.1432	1.1450	1.1456	1.1458	1.1458	
PROB. RUINA	1.1151	1.1863	1.2249	1.2413	1.2472	1.2491	1.2497	1.2499	1.2500	
PREC. RUINA	7.6e-01	3.4e-01	2.2e-01	1.8e-01	1.7e-01	1.7e-01	1.7e-01	1.7e-01	1.7e-01	
	1.8e+01	5.7e+01	2.8e+02	2.0e+03	1.8e+04	1.7e+05	1.7e+06	1.7e+07	1.7e+08	

0.10	0.3571	0.3872	0.4046	0.4124	0.4153	0.4162	0.4165	0.4166	0.4167
C	1.0712	1.1616	1.2138	1.2372	1.2458	1.2486	1.2496	1.2499	1.2500
CT	1.0712	1.1616	1.2138	1.2372	1.2458	1.2486	1.2496	1.2499	1.2500
PROB. RUINA	4.9e-01	2.0e-01	1.2e-01	9.6e-02	8.8e-02	8.6e-02	8.5e-02	8.5e-02	8.5e-02
PREC. RUINA	1.2e+01	3.7e+01	1.6e+02	1.1e+03	9.2e+03	8.7e+04	8.5e+05	8.5e+06	8.5e+07

-37-

1=1/2

0.20	0.3335	0.3783	0.4018	0.4116	0.4150	0.4161	0.4165	0.4166	0.4167
C	1.1673	1.3240	1.4065	1.4405	1.4525	1.4565	1.4577	1.4581	1.4583
CT	1.0000	1.1348	1.2055	1.2347	1.2450	1.2484	1.2495	1.2498	1.2500
PROB. RUINA	4.5e-01	2.1e-01	1.4e-01	1.2e-01	1.1e-01	1.1e-01	1.1e-01	1.1e-01	1.1e-01
PREC. RUINA	9.5e+00	3.3e+01	1.7e+02	1.3e+03	1.2e+04	1.1e+05	1.1e+06	1.1e+07	1.1e+08

0.30	0.3183	0.3712	0.3991	0.4106	0.4147	0.4160	0.4165	0.4166	0.4166
C	1.2733	1.4848	1.5964	1.6425	1.6588	1.6642	1.6659	1.6664	1.6666
CT	0.9549	1.1136	1.1973	1.2319	1.2441	1.2481	1.2494	1.2498	1.2499
PROB. RUINA	3.7e-01	1.8e-01	1.2e-01	9.9e-02	9.4e-02	9.2e-02	9.1e-02	9.1e-02	9.1e-02
PREC. RUINA	7.8e+00	2.8e+01	1.5e+02	1.1e+03	9.6e+03	9.3e+04	9.2e+05	9.1e+06	9.1e+07

7=1/5

DISPERSION DE RESISTENCIAS= 0.10

V= 0.0	DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS										
SQ=0.05		0.8408	0.9046	0.9684	1.0322	1.0960	1.1598	1.2236	1.2874	1.3511
C		1.1561	1.2438	1.3315	1.4192	1.5070	1.5947	1.6824	1.7701	1.8578
CT		5.0447	5.4275	5.8102	6.1930	6.5758	6.9586	7.3413	7.7241	8.1069
PROB. RUINA		1.7e-02	1.7e-03	1.7e-04	1.7e-05	1.7e-06	1.7e-07	1.7e-08	1.7e-09	1.7e-10
PREC. RUINA		5.2e+00	5.6e+00	6.0e+00	6.4e+00	6.7e+00	7.1e+00	7.5e+00	7.9e+00	8.3e+00
0.10		0.8467	0.9662	1.0856	1.2051	1.3246	1.4441	1.5635	1.6830	1.8025
C		1.2700	1.4492	1.6285	1.8077	1.9869	2.1661	2.3453	2.5245	2.7037
CT		5.0801	5.7970	6.5138	7.2307	7.9475	8.6644	9.3812	10.0981	10.8149
PROB. RUINA		3.1e-02	3.1e-03	3.1e-04	3.1e-05	3.1e-06	3.1e-07	3.1e-08	3.1e-09	3.1e-10
PREC. RUINA		5.4e+00	6.1e+00	6.8e+00	7.5e+00	8.3e+00	9.0e+00	9.7e+00	1.0e+01	1.1e+01
0.20		0.8285	1.0290	1.2295	1.4300	1.6305	1.8310	2.0315	2.2320	2.4325
C		1.4498	1.8007	2.1516	2.5024	2.8533	3.2042	3.5551	3.9059	4.2568
CT		4.9708	6.1738	7.3768	8.5798	9.7828	10.9858	12.1888	13.3918	14.5948
PROB. RUINA		5.2e-02	5.2e-03	5.2e-04	5.2e-05	5.2e-06	5.2e-07	5.2e-08	5.2e-09	5.2e-10
PREC. RUINA		5.5e+00	6.7e+00	7.9e+00	9.1e+00	1.0e+01	1.2e+01	1.3e+01	1.4e+01	1.5e+01
0.30		0.5579	0.5848	0.6117	0.6386	0.6654	0.6923	0.7192	0.7461	0.7730
C		1.1158	1.1696	1.2234	1.2771	1.3309	1.3847	1.4384	1.4922	1.5459
CT		3.3475	3.5088	3.6701	3.8314	3.9927	4.1540	4.3153	4.4765	4.6378
PROB. RUINA		7.0e-03	7.0e-04	7.0e-05	7.0e-06	7.0e-07	7.0e-08	7.0e-09	7.0e-10	7.0e-11
PREC. RUINA		3.4e+00	3.6e+00	3.7e+00	3.9e+00	4.1e+00	4.2e+00	4.4e+00	4.5e+00	4.7e+00

V= 0.2	DISPERSION COSTE	@+1	@+2	@+3	@+4	@+5	@+6	@+7	@+8	@+9
CARGAS										
SQ=0.05		0.7268	0.7655	0.7961	0.8164	0.8269	0.8311	0.8326	0.8331	0.8333
C		0.9994	1.0526	1.0947	1.1225	1.1369	1.1428	1.1448	1.1455	1.1457
CT		4.3608	4.5933	4.7767	4.8982	4.9611	4.9867	4.9957	4.9986	4.9996
PROB. RUINA		1.0e+00	2.5e-01	8.3e-02	4.0e-02	2.7e-02	2.4e-02	2.2e-02	2.2e-02	2.2e-02
PREC. RUINA		4.4e+01	8.2e+01	1.9e+02	6.4e+02	3.4e+03	2.5e+04	2.3e+05	2.2e+06	2.2e+07

0.10	0.6746	0.7395	0.7866	0.8141	0.8265	0.8311	0.8326	0.8331	0.8333
C	1.0119	1.1093	1.1799	1.2211	1.2397	1.2466	1.2489	1.2497	1.2499
CT	4.0476	4.4371	4.7197	4.8845	4.9588	4.9864	4.9956	4.9986	4.9996
PROB. RUINA	8.6@-01	2.5@-01	9.9@-02	5.8@-02	4.6@-02	4.2@-02	4.1@-02	4.0@-02	4.0@-02
PREC. RUINA	3.0@+01	6.4@+01	1.8@+02	8.0@+02	5.2@+03	4.4@+04	4.1@+05	4.1@+06	4.0@+07

0.20	0.6039	0.7042	0.7728	0.8097	0.8252	0.8307	0.8325	0.8331	0.8332
C	1.0568	1.2324	1.3524	1.4169	1.4440	1.4537	1.4568	1.4579	1.4582
CT	3.6232	4.2253	4.6368	4.8581	4.9509	4.9840	4.9949	4.9984	4.9995
PROB. RUINA	6.9@-01	2.2@-01	9.9@-02	6.5@-02	5.4@-02	5.1@-02	5.0@-02	5.0@-02	4.9@-02
PREC. RUINA	2.0@+01	4.9@+01	1.6@+02	8.2@+02	5.9@+03	5.2@+04	5.0@+05	5.0@+06	4.9@+07

0.30	0.5340	0.5589	0.5836	0.6080	0.6323	0.6562	0.6797	0.7028	0.7253
C	1.0680	1.1177	1.1671	1.2160	1.2645	1.3123	1.3595	1.4056	1.4506
CT	3.2041	3.3532	3.5013	3.6481	3.7935	3.9370	4.0784	4.2168	4.3517
PROB. RUINA	5.4e-02	6.5e-03	7.8e-04	9.6e-05	1.2e-05	1.5e-06	2.1e-07	2.9e-08	4.2e-09
PREC. RUINA	9.5e+00	1.1e+01	1.2e+01	1.4e+01	1.7e+01	2.0e+01	2.4e+01	3.0e+01	3.8e+01

[illegible]

0.10	0.4104	0.4146	0.4160	0.4165	0.4166	0.4166	0.4167	0.4167	0.4167
C	0.6157	0.6219	0.6240	0.6247	0.6249	0.6250	0.6250	0.6250	0.6250
CT	2.4627	2.4877	2.4961	2.4987	2.4996	2.4999	2.5000	2.5000	2.5000
PROB. RUINA	1.4e+02	1.3e+02	1.3e+02	1.2e+02	1.2e+02	1.2e+02	1.2e+02	1.2e+02	1.2e+02
PREC. RUINA	1.6e+03	1.3e+04	1.3e+05	1.2e+06	1.2e+07	1.2e+08	1.2e+09	1.2e+10	1.2e+11

0.20	0.3842	0.4051	0.4128	0.4154	0.4163	0.4165	0.4166	0.4167	0.4167
C	0.6723	0.7089	0.7225	0.7270	0.7285	0.7290	0.7291	0.7291	0.7292
CT	2.3050	2.4305	2.4770	2.4926	2.4977	2.4993	2.4998	2.4999	2.5000
PROB. RUINA	8.6e+00	6.8e+00	6.2e+00	6.0e+00	5.9e+00	5.9e+00	5.9e+00	5.9e+00	5.9e+00
PREC. RUINA	1.2e+02	7.6e+02	6.4e+03	6.1e+04	6.0e+05	5.9e+06	5.9e+07	5.9e+08	5.9e+09

0.30	0.4157	0.4164	0.4166	0.4166	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167	0.4167
C	0.8314	0.8327	0.8331	0.8333	0.8333	0.8333	0.8333	0.8333	0.8333
CT	2.4943	2.4982	2.4994	2.4998	2.4999	2.5000	2.5000	2.5000	2.5000
PROB. RUINA	1.4e+03	1.3e+03	1.3e+03	1.3e+03	1.3e+03	1.3e+03	1.3e+03	1.3e+03	1.3e+03
PREC. RUINA	1.5e+04	1.3e+05	1.3e+06	1.3e+07	1.3e+08	1.3e+09	1.3e+10	1.3e+11	1.3e+12

	0+1	0+2	0+3	0+4	0+5	0+6	0+7	0+8	0+9
V= 0.6									
DISPERSION/COSTE									
CARGAS									
50-0.05	0.2778	0.2778	0.2778	0.2778	0.2778	0.2778	0.2778	0.2778	0.2778
C	0.3819	0.3819	0.3819	0.3819	0.3819	0.3819	0.3819	0.3819	0.3819
CT	1.6667	1.6667	1.6667	1.6667	1.6667	1.6667	1.6667	1.6667	1.6667
PROB. RUINA	0.02+00	0.02+00	0.02+00	0.02+00	0.02+00	0.02+00	0.02+00	0.02+00	0.02+00
PREC. RUINA	-2.20+06	-4.30+06	-8.80+06	-1.80+07	-3.40+07	-6.40+07	-1.50+08	-4.50+08	-4.50+08

0.10 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778
 C 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167
 CT 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667
 PROB. RUINA 1.8@+03 1.8@+03 1.8@+03 1.8@+03 1.8@+03 1.8@+03 1.8@+03 1.8@+03 1.8@+03
 PREC. RUINA -2.5@+06 -4.7@+06 -8.1@+06 -1.5@+06 1.4@+08 1.7@+09 1.8@+10 1.8@+11 1.8@+12

0.20 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778
 C 0.4861 0.4861 0.4861 0.4861 0.4861 0.4861 0.4861 0.4861 0.4861
 CT 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667
 PROB. RUINA 2.9@+01 2.9@+01 2.9@+01 2.9@+01 2.9@+01 2.9@+01 2.9@+01 2.9@+01 2.9@+01
 PREC. RUINA -1.7@+06 -3.3@+06 -6.6@+06 -1.3@+07 -2.3@+07 -2.1@+07 2.0@+08 2.8@+09 2.9@+10

0.30 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778 0.2778
 C 0.5556 0.5556 0.5556 0.5556 0.5556 0.5556 0.5556 0.5556 0.5556
 CT 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667 1.6667
 PROB. RUINA 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00
 PREC. RUINA -2.2@+06 -4.3@+06 -8.8@+06 -1.8@+07 -3.4@+07 -6.4@+07 -1.5@+08 -4.5@+08 -4.5@+08

V= 0.8
 SPERSION| COSTE
 CARGAS

50=0.05
 C 0.2865 0.2865 0.2865 0.2865 0.2865 0.2865 0.2865 0.2865 0.2865
 CT 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500
 PROB. RUINA 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00
 PREC. RUINA -1.1@+06 -2.1@+06 -4.1@+06 -8.2@+06 -1.6@+07 -3.1@+07 -6.7@+07 -1.1@+08 -1.1@+08

0.10 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083
 C 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125 0.3125
 CT 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500
 PROB. RUINA 6.9@+03 6.9@+03 6.9@+03 6.9@+03 6.9@+03 6.9@+03 6.9@+03 6.9@+03 6.9@+03
 PREC. RUINA -1.1@+06 -1.7@+06 2.1@+06 5.9@+07 6.7@+08 6.8@+09 6.9@+10 6.9@+11 6.9@+12

0.20 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083
 C 0.3646 0.3646 0.3646 0.3646 0.3646 0.3646 0.3646 0.3646 0.3646
 CT 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500
 PROB. RUINA 6.5@+01 6.5@+01 6.5@+01 6.5@+01 6.5@+01 6.5@+01 6.5@+01 6.5@+01 6.5@+01
 PREC. RUINA -1.5@+06 -3.0@+06 -5.8@+06 -1.1@+07 -1.6@+07 1.7@+07 5.4@+08 6.4@+09 6.4@+10

0.30 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083 0.2083
 C 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167 0.4167
 CT 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500 1.2500
 PROB. RUINA 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00 0.0@+00
 PREC. RUINA -9.3@+05 -1.9@+06 -3.7@+06 -7.5@+06 -1.5@+07 -3.1@+07 -4.8@+07 -1.1@+08 -1.1@+08

CALCULO CON INTERES'

BEGIN REAL C,A,S,SR,AM,BM,CM,DP,SQ,B,PN,R,AN,BN,CN,DN,EN
,SQA,BA,RA,H,LO,DEN,FN,LON,P,PT,CA,ZA,ZB,ZC'
INTEGER I,J,K,N' ARRAY PNA(1:141),BAA(1:141),HUF(1:6),DENA(1:141),
LOJA(1:141)'

BOOLEAN LOJ,LOJE' AN:=LN(10)'
BEGIN SWITCH SSSS:=SALTAA,SALTAB,SALTAC,SALTAD'
PROCEDURE COEF(SQ,SR,B)' VALUE SQ,SR' REAL SQ,SR,B'BEGIN
B:=AN*((ZA-1)|(ZB+SQ*ZC))'B:=CHECKR(B)'END'

PROCEDURE DERIV(DP,AM)' VALUE AM' REAL DP,AM'
BEGIN REAL N'N:=AM'DEN:=DENA(K)'BA:=BAA(K)'BM:=PN'IF LOJE THEN
BEGIN BA:=BAA(K+2)|4+0.75*BA'DEN:=DEN*0.75+0.25*DENA(K+2)'
BM:=PN*0.75+0.25*PNA(K+2)'END'SQA:=SQ|DEN'CA:=C|DEN'
DP:=((1-A)**N)|N*((AN*ZC|(ZB+SQA*ZC)|(ZB+SQA*ZC)*SQ)*(CA-1)+BA*C)
*(-1)|LQ|DEN|DEN*BM'END'

LON:=LN(50)' READ C,SQ,ZA,ZB,ZC', SR:=0.75'
COEF(SQ,SR,B)'
PRINT EEL2??,ALIGNED(1,2),SR,E=SR,?'
PRINT SAMELINE,ALIGNED(1,2),SQ,E=SQ,?'
PRINT SAMELINE,ALIGNED(1,1),C,SAMELINE,E=C ENTRE VALORES CENTRALES?
IF B*(C-1) LESSEQ 0 THEN P:=EXP(B*(C-1)) ELSE P:=1'
PRINT SCALED(3),P,E=PROB. RUINA EN 50 ANOS?'
PRINT EEL1??,EINTERES|ANOS?,SAMELINE,E 11 ?,
E 31, 51 81 111 141?'
LQ:=1.28|SQ'

FOR I:=1 STEP 1 UNTIL 2 DO
BEGIN LOJ:=TRUE' IF I=1 THEN GOTO SALTAA'
FOR N:=1 STEP 2 UNTIL 140 DO
BEGIN N:=N+1'SALTAA:IF I=1 THEN N:=1'N:=CHECKI(N)'
DEN:=(1+(LN(N)-LON)|LQ)'
IF DEN LESS 0 OR SQ|DEN GR 1 THEN
BEGIN LOJA(N):=0'PNA(N):=0'END ELSE
BEGIN IF LOJ THEN
BEGIN CA:=C|DEN' SQA:=SQ|DEN'COEF(SQA,SR,BA)'
PN:=BA*(CA-1)' IF PN GR 0 THEN LOJ:=FALSE'
IF NOT LOJ THEN GOTO SALTAC'
LOJA(N):=1' BAA(N):=BA' DENA(N):=DEN' PNA(N):=EXP(PN) END ELSE
BEGIN SALTAC: LOJA(N):=0'PNA(N):=1'END END'
IF I=1 THEN GOTO SALTAB'N:=N-1' END' SALTAB:END'

```

FOR A:=0.03 STEP 0.03 UNTIL 0.13 DO
  BEGIN PRINT ALIGNED(1,2),A,££S8??'J:=1'
  LOJ:=TRUE'
  FOR N:=0 STEP 2 UNTIL 140 DO
    BEGIN
      N:=N+1'PN:=CHECKR(PNA(N))'S:= IF N=1 THEN 0 ELSE S'

      IF LOJA(N) GR 0.9 AND LOJ THEN BEGIN
        LOJ:=FALSE'LOJE:=TRUE'AM:=N+0.5'K:=N' DERIV(DP,AM)'
        IF N GR 1 THEN S:=DP+PNA(N)*(1-A)**N
        ELSE S:=PNA(1)*(1-A)'
        GOTO SALTAD'END'
      IF LOJA(N) GR 0.9 AND NOT LOJ THEN BEGIN AM:=N'LOJE:=FALSE'K:=N'
        DERIV(DP,AM)' S:=S+2*DP'END' SALTAD:
        S:=CHECKR(S)'

      IF (N=30) OR (N=50) OR (N=80) OR (N=10) OR (N=110) OR (N=140) THEN
        BEGIN IF N LESS 140 THEN PN:=(PNA(N+2)+PN)*0.5'
          IF PN GR @-60 THEN R:=S/PN
          ELSE R:=1'IF ABS(A-0.12) LESS @-4 THEN BEGIN
            HUF(J):=PN'J:=J+1' END'
            PRINT SAMELINE,SCALED(3),R' IF J=7 AND ABS(A-0.12) LESS @-7 THEN
              BEGIN PRINT ££L2??,£PR.SIN INT. ?'FOR J:=1 STEP 1 UNTIL 6 DO
                PRINT SAMELINE, SCALED(3) ,HUF(J)'PRINT ££L1??'
              END'END' N:= IF N=1 THEN -1 ELSE N-1 'END ' END END'

```

TABLAS 10-1

Si la carga no es permanente, hay que disminuir el coste de la ruina según el interés del dinero.
 COEFICIENTES REDUCTORES DEL $\frac{\text{COSTO RUINA}}{\text{COSTO ELEMENTO}}$

0.00=SR, 0.05=SQ 1.25-C ENTRE VALORES CENTRALES

1.850-03=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.490-01	6.490-01	5.110-01	3.750-01	2.900-01	2.350-01
0.06	7.240-01	4.470-01	3.070-01	2.020-01	1.490-01	1.190-01
0.09	6.200-01	3.260-01	2.090-01	1.340-01	9.810-02	7.810-02
0.12	5.330-01	2.490-01	1.550-01	9.870-02	7.240-02	5.770-02

PR.SIN INT. 4.180-04 1.160-03 1.890-03 2.980-03 4.060-03 5.100-03

0.00=SR, 0.05=SQ, 1.5-C ENTRE VALORES CENTRALES

3.430-06=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.490-01	6.490-01	5.110-01	3.750-01	2.900-01	2.350-01
0.06	7.240-01	4.470-01	3.070-01	2.020-01	1.490-01	1.190-01
0.09	6.200-01	3.260-01	2.090-01	1.340-01	9.810-02	7.810-02
0.12	5.330-01	2.490-01	1.550-01	9.870-02	7.240-02	5.760-02

PR.SIN INT. 7.750-07 2.150-06 3.500-06 5.510-06 7.520-06 9.440-06

0.00=SR, 0.05=SQ, 1.75-C ENTRE VALORES CENTRALES

6.360-09=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.490-01	6.490-01	5.110-01	3.750-01	2.900-01	2.350-01
0.06	7.240-01	4.470-01	3.070-01	2.020-01	1.490-01	1.190-01
0.09	6.200-01	3.260-01	2.090-01	1.340-01	9.810-02	7.810-02
0.12	5.330-01	2.490-01	1.550-01	9.870-02	7.240-02	5.760-02

PR.SIN INT. 1.430-09 3.970-09 6.480-09 1.020-08 1.390-08 1.750-08

0.00=SR, 0.10=SQ 1.5-C ENTRE VALORES CENTRALES

1.850-03=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.490-01	6.490-01	5.110-01	3.750-01	2.900-01	2.350-01
0.06	7.240-01	4.470-01	3.070-01	2.020-01	1.490-01	1.190-01
0.09	6.200-01	3.260-01	2.090-01	1.340-01	9.810-02	7.810-02
0.12	5.330-01	2.490-01	1.550-01	9.870-02	7.240-02	5.760-02

PR.SIN INT. 4.180-04 1.160-03 1.890-03 2.980-03 4.060-03 5.100-03

0.00=SR, 0.10=SQ, 2.0-C ENTRE VALORES CENTRALES

3.430-06=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.490-01	6.490-01	5.110-01	3.750-01	2.900-01	2.350-01
0.06	7.240-01	4.470-01	3.070-01	2.020-01	1.490-01	1.190-01
0.09	6.200-01	3.260-01	2.090-01	1.340-01	9.810-02	7.810-02
0.12	5.330-01	2.490-01	1.550-01	9.870-02	7.240-02	5.760-02

PR.SIN INT. 7.750-07 2.150-06 3.500-06 5.510-06 7.520-06 9.440-06

0.00=SR, 0.10=SQ, 2.5=C ENTRE VALORES CENTRALES

6.360-09=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.490-01	6.490-01	5.110-01	3.750-01	2.900-01	2.350-01
0.06	7.240-01	4.470-01	3.070-01	2.020-01	1.490-01	1.190-01
0.09	6.200-01	3.260-01	2.090-01	1.340-01	9.810-02	7.810-02
0.12	5.330-01	2.490-01	1.550-01	9.870-02	7.240-02	5.760-02

PR.SIN INT. 1.430-09 3.970-09 6.480-09 1.020-08 1.390-08 1.750-08

0.00=SR, 0.20=SQ, 2.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

1.820-03=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.530-01	6.570-01	5.200-01	3.850-01	2.990-01	2.440-01
0.06	7.310-01	4.590-01	3.190-01	2.120-01	1.580-01	1.270-01
0.09	6.290-01	3.390-01	2.210-01	1.430-01	1.060-01	8.510-02
0.12	5.440-01	2.620-01	1.670-01	1.080-01	7.960-02	6.380-02

PR.SIN INT. 4.410-04 1.160-03 1.860-03 2.880-03 3.880-03 4.850-03

0.00=SR, 0.20=SQ, 3.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

3.320-06=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.550-01	6.640-01	5.290-01	3.950-01	3.110-01	2.560-01
0.06	7.360-01	4.680-01	3.300-01	2.230-01	1.680-01	1.360-01
0.09	6.360-01	3.490-01	2.320-01	1.530-01	1.150-01	9.300-02
0.12	5.520-01	2.730-01	1.770-01	1.160-01	8.720-02	7.050-02

PR.SIN INT. 8.540-07 2.150-06 3.380-06 5.140-06 6.850-06 8.470-06

0.00=SR, 0.20=SQ, 4.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

6.040-09=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.580-01	6.710-01	5.390-01	4.070-01	3.220-01	2.670-01
0.06	7.410-01	4.780-01	3.410-01	2.350-01	1.790-01	1.460-01
0.09	6.420-01	3.600-01	2.430-01	1.640-01	1.240-01	1.020-01
0.12	5.600-01	2.840-01	1.870-01	1.260-01	9.550-02	7.790-02

PR.SIN INT. 1.650-09 4.000-09 6.140-09 9.170-09 1.210-08 1.480-08

0.00=SR, 0.30=SQ, 3.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

2.490-04=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.330-01	6.530-01	5.210-01	3.880-01	3.040-01	2.490-01
0.06	6.940-01	4.490-01	3.150-01	2.130-01	1.600-01	1.290-01
0.09	5.770-01	3.230-01	2.140-01	1.400-01	1.050-01	8.450-02
0.12	4.790-01	2.420-01	1.560-01	1.020-01	7.590-02	6.110-02

PR.SIN INT. 6.270-05 1.610-04 2.540-04 3.890-04 5.210-04 6.460-04

0.00=SR, 0.30=SQ, 4.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

3.93e-06=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.35e-01	6.57e-01	5.26e-01	3.95e-01	3.11e-01	2.57e-01
0.06	6.96e-01	4.55e-01	3.22e-01	2.19e-01	1.66e-01	1.35e-01
0.09	5.80e-01	3.29e-01	2.20e-01	1.46e-01	1.10e-01	8.93e-02
0.12	4.82e-01	2.47e-01	1.61e-01	1.06e-01	8.02e-02	6.50e-02

PR.SIN INT. 1.03e-06 2.57e-06 4.00e-06 6.06e-06 8.05e-06 9.93e-06

0.00=SR, 0.30=SQ, 5.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

6.21e-08=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.36e-01	6.61e-01	5.32e-01	4.02e-01	3.19e-01	2.64e-01
0.06	6.98e-01	4.60e-01	3.29e-01	2.26e-01	1.73e-01	1.41e-01
0.09	5.82e-01	3.35e-01	2.26e-01	1.52e-01	1.16e-01	9.43e-02
0.12	4.85e-01	2.53e-01	1.67e-01	1.12e-01	8.47e-02	6.91e-02

PR.SIN INT. 1.69e-08 4.10e-08 6.31e-08 9.44e-08 1.24e-07 1.52e-07

0.10=SR, 0.05=SQ, 1.5=C ENTRE VALORES CENTRALES

1.43e-04=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.44e-01	6.42e-01	5.06e-01	3.74e-01	2.93e-01	2.41e-01
0.06	7.13e-01	4.36e-01	2.99e-01	1.99e-01	1.49e-01	1.20e-01
0.09	6.05e-01	3.12e-01	2.00e-01	1.30e-01	9.65e-02	7.79e-02
0.12	5.15e-01	2.35e-01	1.46e-01	9.40e-02	7.00e-02	5.65e-02

PR.SIN INT. 3.05e-05 8.89e-05 1.45e-04 2.26e-04 3.04e-04 3.77e-04

0.10=SR, 0.05=SQ, 1.8=C ENTRE VALORES CENTRALES

1.25e-06=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.43e-01	6.39e-01	5.00e-01	3.67e-01	2.84e-01	2.31e-01
0.06	7.13e-01	4.32e-01	2.93e-01	1.92e-01	1.42e-01	1.13e-01
0.09	6.04e-01	3.08e-01	1.95e-01	1.24e-01	9.10e-02	7.26e-02
0.12	5.15e-01	2.31e-01	1.42e-01	8.94e-02	6.56e-02	5.24e-02

PR.SIN INT. 2.57e-07 7.67e-07 1.28e-06 2.02e-06 2.76e-06 3.46e-06

0.10=SR, 0.05=SQ, 2.1=C ENTRE VALORES CENTRALES

8.87e-09=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.41e-01	6.31e-01	4.89e-01	3.52e-01	2.69e-01	2.16e-01
0.06	7.08e-01	4.21e-01	2.80e-01	1.79e-01	1.29e-01	1.01e-01
0.09	5.98e-01	2.97e-01	1.83e-01	1.13e-01	8.10e-02	6.36e-02
0.12	5.08e-01	2.20e-01	1.31e-01	8.02e-02	5.75e-02	4.52e-02

PR.SIN INT. 1.67e-09 5.28e-09 9.06e-09 1.48e-08 2.07e-08 2.63e-08

0.10-SR, 0.10-SQ, 2.0-C ENTRE VALORES CENTRALES

3.590-05=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.470-01	6.480-01	5.120-01	3.790-01	2.960-01	2.430-01
0.06	7.200-01	4.450-01	3.070-01	2.050-01	1.530-01	1.230-01
0.09	6.150-01	3.230-01	2.090-01	1.350-01	1.010-01	8.120-02
0.12	5.270-01	2.460-01	1.550-01	9.970-02	7.410-02	5.970-02

PR.SIN INT. 8.120-06 2.260-05 3.660-05 5.690-05 7.650-05 9.500-05

0.10-SR, 0.10-SQ, 2.5-C ENTRE VALORES CENTRALES

2.700-07=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.440-01	6.390-01	5.000-01	3.650-01	2.810-01	2.280-01
0.06	7.140-01	4.320-01	2.930-01	1.900-01	1.400-01	1.110-01
0.09	6.060-01	3.090-01	1.950-01	1.230-01	8.970-02	7.130-02
0.12	5.160-01	2.320-01	1.420-01	8.880-02	6.480-02	5.150-02

PR.SIN INT. 5.540-08 1.650-07 2.750-07 4.390-07 6.020-07 7.580-07

0.10-SR, 0.10-SQ, 3.0-C ENTRE VALORES CENTRALES

1.500-09=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.410-01	6.320-01	4.900-01	3.530-01	2.690-01	2.160-01
0.06	7.090-01	4.220-01	2.810-01	1.790-01	1.290-01	1.020-01
0.09	5.990-01	2.980-01	1.840-01	1.130-01	8.140-02	6.390-02
0.12	5.090-01	2.210-01	1.320-01	8.080-02	5.800-02	4.540-02

PR.SIN INT. 2.850-10 8.950-10 1.530-09 2.510-09 3.500-09 4.460-09

0.10-SR, 0.20-SQ, 2.5-C ENTRE VALORES CENTRALES

2.290-04=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.460-01	6.450-01	5.070-01	3.730-01	2.900-01	2.360-01
0.06	7.180-01	4.410-01	3.020-01	1.990-01	1.480-01	1.180-01
0.09	6.120-01	3.180-01	2.040-01	1.310-01	9.630-02	7.710-02
0.12	5.240-01	2.410-01	1.500-01	9.550-02	7.040-02	5.630-02

PR.SIN INT. 5.000-05 1.420-04 2.330-04 3.670-04 4.970-04 6.220-04

0.10-SR, 0.20-SQ, 3.5-C ENTRE VALORES CENTRALES

8.550-07=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.420-01	6.340-01	4.930-01	3.560-01	2.720-01	2.190-01
0.06	7.100-01	4.250-01	2.850-01	1.830-01	1.320-01	1.040-01
0.09	6.020-01	3.020-01	1.870-01	1.160-01	8.380-02	6.590-02
0.12	5.120-01	2.250-01	1.350-01	8.320-02	5.990-02	4.710-02

PR.SIN INT. 1.670-07 5.140-07 8.730-07 1.420-06 1.970-06 2.510-06

0.10-SR, 0.20-SQ, 4.5-C ENTRE VALORES CENTRALES

5.400-09-PROB. RUINA EN 50 AÑOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.420-01	6.340-01	4.930-01	3.560-01	2.720-01	2.180-01
0.06	7.110-01	4.260-01	2.850-01	1.820-01	1.320-01	1.040-01
0.09	6.030-01	3.020-01	1.880-01	1.160-01	8.370-02	6.580-02
0.12	5.130-01	2.260-01	1.350-01	8.330-02	5.990-02	4.710-02

PR.SIN INT. 1.050-09 3.240-09 5.510-09 8.980-09 1.250-08 1.590-08

0.10-SR, 0.30-SQ, 3.0-C ENTRE VALORES CENTRALES

4.670-04-PROB. RUINA EN 50 AÑOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.270-01	6.360-01	5.000-01	3.660-01	2.830-01	2.300-01
0.06	6.830-01	4.250-01	2.910-01	1.900-01	1.400-01	1.120-01
0.09	5.640-01	2.980-01	1.900-01	1.210-01	8.850-02	7.050-02
0.12	4.650-01	2.170-01	1.340-01	8.480-02	6.220-02	4.950-02

PR.SIN INT. 9.900-05 2.880-04 4.770-04 7.560-04 1.030-03 1.290-03

0.10-SR, 0.30-SQ, 4.5-C ENTRE VALORES CENTRALES

1.630-06-PROB. RUINA EN 50 AÑOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.300-01	6.420-01	5.080-01	3.750-01	2.910-01	2.380-01
0.06	6.880-01	4.350-01	3.000-01	1.990-01	1.480-01	1.180-01
0.09	5.690-01	3.080-01	1.990-01	1.280-01	9.470-02	7.580-02
0.12	4.710-01	2.270-01	1.420-01	9.120-02	6.730-02	5.390-02

PR.SIN INT. 3.710-07 1.030-06 1.660-06 2.600-06 3.530-06 4.410-06

0.10-SR, 0.30-SQ, 6.0-C ENTRE VALORES CENTRALES

8.570-09-PROB. RUINA EN 50 AÑOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.240-01	6.260-01	4.860-01	3.500-01	2.660-01	2.130-01
0.06	6.790-01	4.120-01	2.750-01	1.750-01	1.260-01	9.850-02
0.09	5.580-01	2.850-01	1.760-01	1.080-01	7.720-02	6.030-02
0.12	4.580-01	2.050-01	1.220-01	7.440-02	5.320-02	4.160-02

PR.SIN INT. 1.620-09 5.100-09 8.750-09 1.440-08 2.010-08 2.580-08

0.20-SR, 0.05-SQ 1.5-C ENTRE VALORES CENTRALES
 2.12~~0~~-02=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.85 0 -01	7.62 0 -01	6.73 0 -01	5.81 0 -01	5.19 0 -01	4.75 0 -01
0.06	7.95 0 -01	6.15 0 -01	5.15 0 -01	4.29 0 -01	3.78 0 -01	3.45 0 -01
0.09	7.17 0 -01	5.17 0 -01	4.23 0 -01	3.50 0 -01	3.09 0 -01	2.82 0 -01
0.12	6.50 0 -01	4.46 0 -01	3.63 0 -01	3.00 0 -01	2.64 0 -01	2.41 0 -01
PR.SIN INT.	1.09 0 -02	1.73 0 -02	2.14 0 -02	2.58 0 -02	2.93 0 -02	3.22 0 -02

0.20-SR, 0.05-SQ 2.0-C ENTRE VALORES CENTRALES
 4.49~~0~~-04=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.74 0 -01	7.29 0 -01	6.27 0 -01	5.22 0 -01	4.52 0 -01	4.05 0 -01
0.06	7.73 0 -01	5.64 0 -01	4.51 0 -01	3.58 0 -01	3.05 0 -01	2.71 0 -01
0.09	6.87 0 -01	4.57 0 -01	3.55 0 -01	2.79 0 -01	2.37 0 -01	2.11 0 -01
0.12	6.12 0 -01	3.83 0 -01	2.94 0 -01	2.31 0 -01	1.96 0 -01	1.74 0 -01
PR.SIN INT.	1.92 0 -04	3.46 0 -04	4.54 0 -04	5.79 0 -04	6.81 0 -04	7.65 0 -04

0.20-SR, 0.05-SQ 3.0-C ENTRE VALORES CENTRALES
 2.02~~0~~-07=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.57 0 -01	6.77 0 -01	5.54 0 -01	4.32 0 -01	3.54 0 -01	3.02 0 -01
0.06	7.38 0 -01	4.87 0 -01	3.58 0 -01	2.58 0 -01	2.05 0 -01	1.73 0 -01
0.09	6.38 0 -01	3.68 0 -01	2.58 0 -01	1.83 0 -01	1.45 0 -01	1.22 0 -01
0.12	5.54 0 -01	2.91 0 -01	2.00 0 -01	1.41 0 -01	1.12 0 -01	9.42 0 -02
PR.SIN INT.	5.96 0 -08	1.39 0 -07	2.05 0 -07	2.90 0 -07	3.66 0 -07	4.34 0 -07

0.20-SR, 0.10-SQ 2.5-C ENTRE VALORES CENTRALES
 6.81~~0~~-05=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.55 0 -01	6.73 0 -01	5.48 0 -01	4.24 0 -01	3.46 0 -01	2.94 0 -01
0.06	7.35 0 -01	4.80 0 -01	3.50 0 -01	2.50 0 -01	1.97 0 -01	1.66 0 -01
0.09	6.33 0 -01	3.60 0 -01	2.50 0 -01	1.75 0 -01	1.38 0 -01	1.16 0 -01
0.12	5.49 0 -01	2.83 0 -01	1.92 0 -01	1.34 0 -01	1.05 0 -01	8.86 0 -02
PR.SIN INT.	1.94 0 -05	4.64 0 -05	6.92 0 -05	9.92 0 -05	1.26 0 -04	1.50 0 -04

0.20=SR, 0.10=SQ, 3.7=C ENTRE VALORES CENTRALES

7.78e-07=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.40e-01	6.34e-01	4.97e-01	3.65e-01	2.84e-01	2.33e-01
0.06	7.05e-01	4.24e-01	2.88e-01	1.89e-01	1.40e-01	1.13e-01
0.09	5.95e-01	3.00e-01	1.89e-01	1.21e-01	8.91e-02	7.15e-02
0.12	5.03e-01	2.22e-01	1.36e-01	8.60e-02	6.35e-02	5.10e-02

PR.SIN INT. 1.54e-07 4.76e-07 7.93e-07 1.26e-06 1.70e-06 2.12e-06

0.20=SR, 0.10=SQ, 4.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

6.69e-09=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.38e-01	6.29e-01	4.89e-01	3.55e-01	2.73e-01	2.21e-01
0.06	7.03e-01	4.18e-01	2.80e-01	1.80e-01	1.31e-01	1.04e-01
0.09	5.92e-01	2.93e-01	1.82e-01	1.13e-01	8.21e-02	6.50e-02
0.12	5.00e-01	2.16e-01	1.29e-01	7.99e-02	5.79e-02	4.59e-02

PR.SIN INT. 1.25e-09 4.00e-09 6.83e-09 1.11e-08 1.53e-08 1.93e-08

0.20=SR, 0.20=SQ, 3.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

1.68e-04=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.39e-01	6.33e-01	4.96e-01	3.65e-01	2.84e-01	2.32e-01
0.06	7.05e-01	4.24e-01	2.87e-01	1.89e-01	1.40e-01	1.13e-01
0.09	5.94e-01	2.99e-01	1.89e-01	1.20e-01	8.88e-02	7.13e-02
0.12	5.02e-01	2.21e-01	1.35e-01	8.56e-02	6.32e-02	5.07e-02

PR.SIN INT. 3.31e-05 1.03e-04 1.72e-04 2.72e-04 3.69e-04 4.59e-04

0.20=SR, 0.20=SQ, 4.5=C ENTRE VALORES CENTRALES

4.94e-07=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.53e-01	6.62e-01	5.31e-01	4.02e-01	3.20e-01	2.67e-01
0.06	7.30e-01	4.66e-01	3.31e-01	2.28e-01	1.75e-01	1.44e-01
0.09	6.28e-01	3.45e-01	2.32e-01	1.56e-01	1.19e-01	9.79e-02
0.12	5.43e-01	2.68e-01	1.76e-01	1.18e-01	8.99e-02	7.38e-02

PR.SIN INT. 1.28e-07 3.24e-07 5.03e-07 7.50e-07 9.83e-07 1.20e-06

0.20=SR, 0.20=SQ, 6.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

6.36e-09=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.56e-01	6.71e-01	5.42e-01	4.14e-01	3.33e-01	2.79e-01
0.06	7.37e-01	4.78e-01	3.44e-01	2.41e-01	1.87e-01	1.55e-01
0.09	6.37e-01	3.59e-01	2.45e-01	1.68e-01	1.30e-01	1.08e-01
0.12	5.53e-01	2.82e-01	1.88e-01	1.29e-01	9.93e-02	8.23e-02

PR.SIN INT. 1.76e-09 4.26e-09 6.46e-09 9.47e-09 1.23e-08 1.48e-08

0.20=SR, 0.30=SQ, 4.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

7.26e-05=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.27e-01	6.37e-01	5.03e-01	3.72e-01	2.90e-01	2.38e-01
0.06	6.82e-01	4.26e-01	2.94e-01	1.95e-01	1.46e-01	1.17e-01
0.09	5.63e-01	2.99e-01	1.92e-01	1.24e-01	9.22e-02	7.43e-02
0.12	4.64e-01	2.18e-01	1.36e-01	8.74e-02	6.48e-02	5.22e-02

PR.SIN INT. 1.57e-05 4.53e-05 7.40e-05 1.16e-04 1.56e-04 1.93e-04

0.20=SR, 0.30=SQ, 5.5=C ENTRE VALORES CENTRALES

1.43e-06=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.26e-01	6.36e-01	5.01e-01	3.69e-01	2.87e-01	2.35e-01
0.06	6.82e-01	4.25e-01	2.92e-01	1.93e-01	1.43e-01	1.15e-01
0.09	5.63e-01	2.98e-01	1.91e-01	1.22e-01	9.05e-02	7.26e-02
0.12	4.63e-01	2.17e-01	1.35e-01	8.60e-02	6.35e-02	5.09e-02

PR.SIN INT. 3.05e-07 8.87e-07 1.46e-06 2.29e-06 3.10e-06 3.87e-06

0.20=SR, 0.30=SQ, 7.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

3.16e-08=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.30e-01	6.46e-01	5.15e-01	3.81e-01	3.02e-01	2.50e-01
0.06	6.88e-01	4.40e-01	3.08e-01	2.08e-01	1.57e-01	1.27e-01
0.09	5.70e-01	3.13e-01	2.06e-01	1.35e-01	1.02e-01	8.24e-02
0.12	4.72e-01	2.31e-01	1.48e-01	9.68e-02	7.26e-02	5.89e-02

PR.SIN INT. 7.52e-09 2.02e-08 3.22e-08 4.93e-08 6.57e-08 8.10e-08

0.30=SR, 0.05=SQ, 3.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

2.52e-04=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.85e-01	7.61e-01	6.72e-01	5.79e-01	5.16e-01	4.72e-01
0.06	7.95e-01	6.14e-01	5.13e-01	4.27e-01	3.76e-01	3.42e-01
0.09	7.17e-01	5.15e-01	4.21e-01	3.48e-01	3.06e-01	2.79e-01
0.12	6.49e-01	4.45e-01	3.61e-01	2.98e-01	2.62e-01	2.39e-01

PR.SIN INT. 1.29e-04 2.05e-04 2.54e-04 3.08e-04 3.50e-04 3.84e-04

0.30=SR, 0.05=SQ, 4.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

4.81e-06=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.69e-01	7.13e-01	6.05e-01	4.95e-01	4.23e-01	3.75e-01
0.06	7.62e-01	5.40e-01	4.23e-01	3.27e-01	2.74e-01	2.41e-01
0.09	6.71e-01	4.29e-01	3.24e-01	2.48e-01	2.08e-01	1.82e-01
0.12	5.93e-01	3.53e-01	2.63e-01	2.01e-01	1.68e-01	1.48e-01

PR.SIN INT. 1.87e-06 3.61e-06 4.87e-06 6.37e-06 7.62e-06 8.67e-06

0.30=SR, 0.05=SQ, 5.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

1.220-07=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.600-01	6.870-01	5.680-01	4.490-01	3.730-01	3.230-01
0.06	7.440-01	5.010-01	3.750-01	2.770-01	2.230-01	1.910-01
0.09	6.460-01	3.840-01	2.750-01	2.000-01	1.610-01	1.380-01
0.12	5.640-01	3.070-01	2.160-01	1.560-01	1.260-01	1.080-01

PR.SIN INT. 3.920-08 8.640-08 1.240-07 1.720-07 2.130-07 2.490-07

0.30=SR, 0.10=SQ 3.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

4.280-04=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.480-01	6.580-01	5.340-01	4.130-01	3.380-01	2.890-01
0.06	7.180-01	4.580-01	3.310-01	2.350-01	1.860-01	1.570-01
0.09	6.110-01	3.350-01	2.290-01	1.600-01	1.260-01	1.060-01
0.12	5.220-01	2.560-01	1.710-01	1.190-01	9.370-02	7.910-02

PR.SIN INT. 1.100-04 2.860-04 4.350-04 6.270-04 7.950-04 9.420-04

0.30=SR, 0.10=SQ, 4.5=C ENTRE VALORES CENTRALES

4.530-06=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.410-01	6.400-01	5.080-01	3.820-01	3.030-01	2.530-01
0.06	7.070-01	4.330-01	3.010-01	2.040-01	1.560-01	1.280-01
0.09	5.960-01	3.080-01	2.010-01	1.330-01	1.010-01	8.270-02
0.12	5.040-01	2.300-01	1.450-01	9.550-02	7.250-02	5.950-02

PR.SIN INT. 9.710-07 2.870-06 4.620-06 7.040-06 9.270-06 1.130-05

0.30=SR, 0.10=SQ, 6.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

4.440-08=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.390-01	6.330-01	4.970-01	3.660-01	2.860-01	2.350-01
0.06	7.030-01	4.230-01	2.880-01	1.900-01	1.410-01	1.140-01
0.09	5.920-01	2.980-01	1.890-01	1.210-01	8.950-02	7.220-02
0.12	5.000-01	2.200-01	1.350-01	8.580-02	6.360-02	5.130-02

PR.SIN INT. 8.720-09 2.720-08 4.530-08 7.130-08 9.620-08 1.190-07

0.30=SR, 0.20=SQ 4.5=C ENTRE VALORES CENTRALES

4.220-05=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.470-01	6.520-01	5.220-01	3.960-01	3.170-01	2.670-01
0.06	7.180-01	4.500-01	3.180-01	2.200-01	1.700-01	1.400-01
0.09	6.110-01	3.270-01	2.180-01	1.470-01	1.130-01	9.350-02
0.12	5.210-01	2.490-01	1.620-01	1.090-01	8.340-02	6.900-02

PR.SIN INT. 1.010-05 2.740-05 4.290-05 6.400-05 8.330-05 1.010-04

0.30=SR, 0.20=SQ, 6.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

1.932-06=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.612-01	6.872-01	5.662-01	4.452-01	3.682-01	3.162-01
0.06	7.462-01	5.012-01	3.732-01	2.732-01	2.192-01	1.872-01
0.09	6.492-01	3.842-01	2.742-01	1.972-01	1.582-01	1.342-01
0.12	5.672-01	3.072-01	2.152-01	1.542-01	1.242-01	1.052-01

PR.SIN INT. 6.142-07 1.362-06 1.962-06 2.732-06 3.412-06 4.012-06

0.30=SR, 0.20=SQ, 7.5=C ENTRE VALORES CENTRALES

1.242-07=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.592-01	6.822-01	5.592-01	4.372-01	3.582-01	3.062-01
0.06	7.422-01	4.932-01	3.642-01	2.642-01	2.102-01	1.782-01
0.09	6.442-01	3.762-01	2.652-01	1.882-01	1.502-01	1.272-01
0.12	5.612-01	2.992-01	2.072-01	1.472-01	1.162-01	9.832-02

PR.SIN INT. 3.782-08 8.592-08 1.262-07 1.772-07 2.232-07 2.642-07

0.30=SR, 0.30=SQ, 5.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

7.892-05=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.302-01	6.522-01	5.252-01	4.002-01	3.212-01	2.702-01
0.06	6.892-01	4.472-01	3.192-01	2.222-01	1.722-01	1.432-01
0.09	5.712-01	3.202-01	2.162-01	1.472-01	1.132-01	9.392-02
0.12	4.722-01	2.382-01	1.572-01	1.062-01	8.172-02	6.772-02

PR.SIN INT. 2.012-05 5.202-05 8.022-05 1.192-04 1.542-04 1.862-04

0.30=SR, 0.30=SQ, 6.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

1.252-05=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.272-01	6.422-01	5.122-01	3.852-01	3.052-01	2.542-01
0.06	6.842-01	4.342-01	3.042-01	2.072-01	1.582-01	1.292-01
0.09	5.652-01	3.072-01	2.022-01	1.342-01	1.022-01	8.312-02
0.12	4.662-01	2.252-01	1.442-01	9.502-02	7.202-02	5.902-02

PR.SIN INT. 2.892-06 8.022-06 1.282-05 1.942-05 2.562-05 3.122-05

0.30=SR, 0.30=SQ, 7.0=C ENTRE VALORES CENTRALES

2.472-06=PROB. RUINA EN 50 ANOS

INTERES/ANOS	11	31	51	81	111	141
0.03	8.342-01	6.612-01	5.372-01	4.142-01	3.352-01	2.832-01
0.06	6.942-01	4.602-01	3.342-01	2.362-01	1.852-01	1.542-01
0.09	5.782-01	3.342-01	2.302-01	1.592-01	1.242-01	1.042-01
0.12	4.802-01	2.512-01	1.692-01	1.172-01	9.092-02	7.582-02

PR.SIN INT. 6.852-07 1.662-06 2.512-06 3.642-06 4.672-06 5.602-06

CALCULO APROXIMADO DE COEFICIENTES DE SEGURIDAD

```

BEGIN REAL A,B,SRM,SQ,SR,SH,SX,ALFA,C'
  INTEGER ISR,ISQ,IM'
  ARRAY CVC(0:3,0:4),CM(1:5)'
  SWITCH SS:=SALTAR'
  FOR ISR:=0 STEP 1 UNTIL 3 DO
    BEGIN FOR ISQ:=0 STEP 1 UNTIL 4 DO
      BEGIN READ A,B'
        CVC(ISR,ISQ):=CHECKR((A+B)/2)'
      END
    END'
  END'
  ISQ:=-1'
  FOR SQ:=0,0.05,0.10,0.20,0.30 DO
    BEGIN ISQ:=ISQ+1' PRINT ££L3??,£SQ=?,SAMELINE,ALIGNED(1,2),SQ'
      FOR SH:=0.05 STEP 0.05 UNTIL 0.21 DO
        BEGIN SX:=0' PRINT ££S3??,£SH=?,SAMELINE,ALIGNED(1,2),SH'
          FOR SX:=0 STEP 0.05 UNTIL 0.21 DO
            BEGIN PRINT ££S3??,£SX=?,SAMELINE,ALIGNED(1,2),SX'
              PRINT ££L2??,£ 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25
            END
          END
        END
      END
    END
  END
  FOR SRM:=0.05 STEP 0.05 UNTIL 0.26 DO
    BEGIN SR:=SQRT(SRM*SRM+SH*SH+SX*SX)' SR:=CHECKR(SR)'
      ISR:=ENTIER(10*SR+0.7)' ISR:=CHECKI(ISR)'
      ALFA:=SR*10-ISR'
      IF ISR LESS 3 THEN C:=CVC(ISR,ISQ)*(1-ALFA)+CVC(ISR+1,ISQ)*ALFA
      ELSE C:=CVC(ISR,ISQ)*(1+ALFA)+CVC(ISR-1,ISQ)*(-ALFA)'
      C:=C*(1-1.64*SRM)|(1+2.32*SQ)|(1+1.64*SX)'
      IM:=ENTIER(SRM/0.05+0.1)' IM:=CHECKI(IM)'
      CM(IM):=C*(1-2*SRM)|(1-1.64*SRM)'
      PRINT ALIGNED(1,3),SAMELINE,C,££S1??'
    END'
    PRINT ££L1??'
    FOR IM:=1 STEP 1 UNTIL 5 DO PRINT SAMELINE,ALIGNED(1,3),CM(IM),££S1??
    PRINT ££L2??'
    IF 0.04 LESS SQ THEN GOTO SALTAR'
  END'
SALTAR:END
END'
END'

```

1 Ejecución

1.4002	1.4902		
1.7531	1.9330	2.1523	2.3956
2.4219	2.7817	2.2316	2.5281
3.0692	3.6089	2.5170	2.8875
		3.2341	3.7952
		3.8893	4.6262
1.4961	1.5766		
1.6458	1.7951		
1.9465	2.1728	3.0701	3.6042
2.6514	3.0655	3.2426	3.7921
3.2916	3.8802	3.4989	4.0888
		4.0581	5.0726
		4.8251	6.0372

SQ= 0.00	SH= 0.05	SX= 0.00
----------	----------	----------

SR=	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
C =	1.266	1.357	1.482	1.572	1.686
C =	1.241	1.299	1.375	1.404	1.429

según hipótesis CEB
según hipótesis CECM

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.243	1.315	1.409	1.492	1.587
1.218	1.259	1.308	1.332	1.345

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.342	1.368	1.411	1.492	1.551
1.316	1.309	1.310	1.332	1.314

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.490	1.462	1.492	1.541	1.559
1.460	1.399	1.385	1.376	1.321

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.661	1.626	1.623	1.620	1.596
1.628	1.556	1.507	1.446	1.353

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.490	1.540	1.605	1.697	1.776
1.461	1.473	1.490	1.515	1.505

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.444	1.472	1.518	1.605	1.668
1.416	1.409	1.409	1.433	1.414

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.503	1.491	1.515	1.589	1.623
1.473	1.427	1.407	1.418	1.375

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.605	1.570	1.598	1.624	1.622
1.574	1.502	1.484	1.450	1.374

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.786	1.732	1.709	1.689	1.650
1.751	1.658	1.587	1.508	1.398

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.804	1.779	1.812	1.885	1.916
1.768	1.703	1.682	1.683	1.624

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.715	1.683	1.718	1.775	1.795
1.682	1.611	1.595	1.585	1.522

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.718	1.680	1.711	1.738	1.736
1.685	1.608	1.588	1.552	1.471

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.816	1.772	1.761	1.751	1.721
1.780	1.696	1.635	1.564	1.458

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.976	1.895	1.844	1.797	1.736
1.937	1.813	1.712	1.605	1.471

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.148	2.111	2.115	2.120	2.095
2.105	2.020	1.964	1.893	1.776

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.039	1.996	1.992	1.988	1.959
1.999	1.910	1.849	1.775	1.660

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.038	1.976	1.950	1.927	1.882
1.998	1.891	1.810	1.720	1.595

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.106	2.020	1.965	1.915	1.850
2.065	1.933	1.824	1.710	1.568

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.213	2.101	2.016	1.938	1.849
2.170	2.010	1.872	1.731	1.567

SQ= 0.05 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.349	1.347	1.421	1.475	1.589
1.322	1.289	1.319	1.317	1.346

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.479	1.493	1.520	1.595	1.675
1.450	1.429	1.411	1.424	1.419

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.730	1.685	1.701	1.776	1.809
1.696	1.613	1.579	1.585	1.533

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.015	1.984	1.992	2.000	1.981
1.976	1.898	1.849	1.786	1.679

SQ= 0.10 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.487	1.449	1.489	1.511	1.581
1.458	1.387	1.382	1.349	1.340

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.591	1.578	1.576	1.615	1.656
1.560	1.510	1.463	1.442	1.404

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.813	1.748	1.735	1.772	1.773
1.777	1.672	1.611	1.582	1.502

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.064	2.009	1.988	1.967	1.922
2.023	1.922	1.845	1.756	1.629

SQ= 0.20 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.745	1.677	1.669	1.643	1.649
1.711	1.604	1.549	1.467	1.398

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.841	1.787	1.743	1.727	1.710
1.805	1.711	1.619	1.542	1.449

SH = 0.15 SX = 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.032	1.933	1.876	1.854	1.804
1.992	1.850	1.741	1.656	1.529

SH = 0.20 SX = 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.244	2.149	2.081	2.013	1.925
2.200	2.056	1.932	1.797	1.632

SQ = 0.30 SH = 0.05 SX = 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.902	1.807	1.768	1.716	1.705
1.865	1.729	1.641	1.532	1.445

SH = 0.10 SX = 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.984	1.905	1.834	1.797	1.764
1.945	1.823	1.703	1.604	1.495

SH = 0.15 SX = 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.152	2.033	1.956	1.919	1.855
2.110	1.946	1.816	1.714	1.572

SH = 0.20 SX = 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.344	2.235	2.154	2.072	1.972
2.298	2.139	1.999	1.850	1.671

1	1	1.3103	1.4002	1.5731	1.7531
2.062	2.4219	2.5292	3.0692	1.4087	1.4961
1.4966	1.6458	1.7203	1.9465	2.2373	2.6514
2.7030	3.2916	1.9020	2.1523	1.9350	2.2316
2.1465	2.5170	2.6729	3.2341	3.1524	3.8893
2.5511	3.0701	2.6932	3.2426	2.8610	3.4989
3.2951	4.0581	3.7643	4.8251		
1	1	1.4902	1.5801	1.9330	2.1129
2.7817	3.1415	3.6089	4.1485	1.5766	1.6527
1.7951	1.9444	2.1728	2.3990	3.0655	3.4796
3.8802	4.4688	2.3956	2.6364	2.5281	2.8246
2.8875	3.2580	3.7952	4.3564	4.6262	5.3631
3.6042	4.1605	3.7921	4.3520	4.0888	4.9018
5.0726	6.0871	6.0372	7.2494		

SQ= 0.00	SH= 0.05	SX= 0.00
----------	----------	----------

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.212	1.271	1.347	1.395	1.450
1.188	1.216	1.250	1.245	1.229

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.181	1.222	1.276	1.318	1.361
1.158	1.169	1.184	1.177	1.153

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.247	1.250	1.265	1.302	1.321
1.223	1.196	1.174	1.163	1.119

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.349	1.310	1.312	1.325	1.315
1.322	1.254	1.218	1.183	1.115

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.467	1.420	1.395	1.372	1.332
1.438	1.359	1.295	1.225	1.129

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.396	1.413	1.443	1.487	1.516
1.368	1.352	1.340	1.327	1.285

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.342	1.344	1.361	1.401	1.421
1.316	1.286	1.263	1.251	1.204

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.372	1.345	1.344	1.374	1.374
1.345	1.287	1.248	1.226	1.164

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.439	1.392	1.390	1.386	1.361
1.411	1.333	1.291	1.237	1.154

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.559	1.498	1.459	1.422	1.372
1.528	1.433	1.355	1.270	1.163

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.640	1.600	1.600	1.625	1.619
1.608	1.531	1.486	1.451	1.372

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.553	1.509	1.511	1.526	1.515
1.523	1.444	1.402	1.363	1.284

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.540	1.491	1.488	1.484	1.457
1.510	1.426	1.382	1.325	1.235

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.597	1.542	1.510	1.480	1.434
1.566	1.475	1.402	1.322	1.215

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.699	1.618	1.558	1.502	1.435
1.666	1.548	1.447	1.341	1.216

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.905	1.849	1.824	1.798	1.751
1.868	1.770	1.693	1.606	1.484

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.801	1.743	1.713	1.683	1.635
1.765	1.668	1.590	1.503	1.386

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.779	1.709	1.665	1.623	1.565
1.744	1.635	1.545	1.449	1.326

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.811	1.724	1.661	1.601	1.530
1.775	1.650	1.542	1.429	1.296

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.874	1.769	1.685	1.606	1.518
1.837	1.693	1.565	1.434	1.287

SQ= 0.05 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.240	1.222	1.263	1.287	1.358
1.216	1.170	1.172	1.149	1.151

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.342	1.336	1.339	1.380	1.425
1.316	1.278	1.243	1.232	1.208

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.537	1.485	1.480	1.521	1.530
1.507	1.421	1.374	1.358	1.296

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.758	1.717	1.706	1.696	1.663
1.724	1.643	1.584	1.514	1.410

SQ= 0.10 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.329	1.284	1.299	1.300	1.340
1.303	1.229	1.206	1.161	1.135

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.410	1.384	1.367	1.381	1.398
1.382	1.325	1.269	1.233	1.185

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.582	1.516	1.490	1.503	1.489
1.551	1.450	1.383	1.342	1.261

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.776	1.718	1.687	1.655	1.605
1.742	1.644	1.566	1.478	1.360

SQ= 0.20 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.496	1.430	1.411	1.376	1.350
1.466	1.369	1.310	1.229	1.144

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.570	1.516	1.469	1.434	1.392
1.540	1.451	1.364	1.280	1.180

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.718	1.629	1.566	1.522	1.457
1.685	1.559	1.454	1.359	1.235

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.880	1.784	1.707	1.631	1.540
1.843	1.707	1.585	1.456	1.305

SQ= 0.30 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.591	1.508	1.468	1.414	1.373
1.560	1.443	1.363	1.262	1.163

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.656	1.584	1.519	1.467	1.411
1.623	1.516	1.411	1.310	1.196

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.787	1.685	1.607	1.548	1.471
1.752	1.612	1.492	1.382	1.247

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.932	1.826	1.737	1.649	1.548
1.894	1.747	1.613	1.472	1.312

SQ= 0.00 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.317	1.439	1.612	1.747	1.927
1.291	1.377	1.497	1.560	1.633

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.300	1.404	1.539	1.666	1.818
1.275	1.344	1.428	1.487	1.540

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.433	1.483	1.554	1.682	1.787
1.405	1.419	1.443	1.502	1.514

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.627	1.610	1.671	1.762	1.811
1.595	1.541	1.551	1.573	1.535

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.854	1.834	1.855	1.876	1.871
1.817	1.755	1.722	1.675	1.585

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.580	1.662	1.763	1.908	2.043
1.549	1.590	1.637	1.703	1.731

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.542	1.596	1.672	1.810	1.922
1.512	1.527	1.552	1.616	1.629

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.629	1.634	1.684	1.807	1.879
1.597	1.563	1.564	1.613	1.593

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.768	1.745	1.808	1.867	1.892
1.733	1.669	1.678	1.667	1.603

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.014	1.970	1.966	1.965	1.940
1.975	1.886	1.825	1.754	1.644

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.963	1.955	2.022	2.150	2.222
1.925	1.871	1.877	1.920	1.883

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.873	1.854	1.924	2.029	2.086
1.837	1.774	1.786	1.812	1.768

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.892	1.867	1.935	1.999	2.025
1.855	1.787	1.797	1.785	1.716

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.034	2.005	2.017	2.032	2.019
1.994	1.918	1.873	1.814	1.711

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.258	2.180	2.139	2.104	2.050
2.214	2.086	1.986	1.879	1.737

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.387	2.373	2.412	2.451	2.453
2.340	2.271	2.239	2.189	2.079

SX= 0.05

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.275	2.251	2.277	2.303	2.296
2.231	2.155	2.113	2.056	1.946

SX= 0.10

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.298	2.248	2.243	2.241	2.213
2.253	2.151	2.082	2.001	1.876

SX= 0.15

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.407	2.323	2.279	2.242	2.185
2.360	2.223	2.116	2.002	1.852

SX= 0.20

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.563	2.444	2.361	2.285	2.195
2.513	2.339	2.192	2.041	1.860

SQ= 0.05 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.457	1.472	1.580	1.663	1.820
1.429	1.409	1.467	1.485	1.543

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.616	1.651	1.701	1.810	1.926
1.585	1.580	1.579	1.616	1.632

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.924	1.886	1.923	2.032	2.090
1.886	1.804	1.785	1.814	1.772

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.272	2.252	2.280	2.308	2.302
2.228	2.155	2.116	2.061	1.950

SQ= 0.10 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.646	1.614	1.679	1.724	1.846
1.614	1.545	1.559	1.539	1.564

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.772	1.772	1.786	1.859	1.943
1.738	1.696	1.658	1.660	1.647

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.044	1.980	1.986	2.064	2.095
2.004	1.895	1.844	1.843	1.776

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.355	2.313	2.316	2.319	2.290
2.309	2.213	2.150	2.070	1.941

SQ= 0.20 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
1.995	1.923	1.926	1.913	1.976
1.956	1.840	1.788	1.708	1.674

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.112	2.059	2.018	2.034	2.062
2.070	1.970	1.873	1.816	1.748

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.345	2.237	2.193	2.216	2.197
2.299	2.141	2.036	1.979	1.862

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.614	2.530	2.486	2.443	2.371
2.563	2.421	2.308	2.181	2.009

SQ= 0.30 SH= 0.05 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.213	2.105	2.068	2.019	2.053
2.169	2.015	1.920	1.803	1.740

SH= 0.10 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.312	2.225	2.149	2.133	2.135
2.267	2.129	1.995	1.905	1.809

SH= 0.15 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.518	2.382	2.309	2.306	2.263
2.468	2.280	2.144	2.059	1.917

SH= 0.20 SX= 0.00

0.05	0.10	0.15	0.20	0.25
2.758	2.654	2.587	2.520	2.427
2.704	2.540	2.402	2.250	2.056

REPRESENTACION DE CUADROS DE COMPROBACION POR LAS "CARGAS ADMISIBLES SOBRE UN ELEMENTO DE RESISTENCIA 1, SOBRE LA QUE SE SUMARIAN CARGAS EN % VARIABLE."

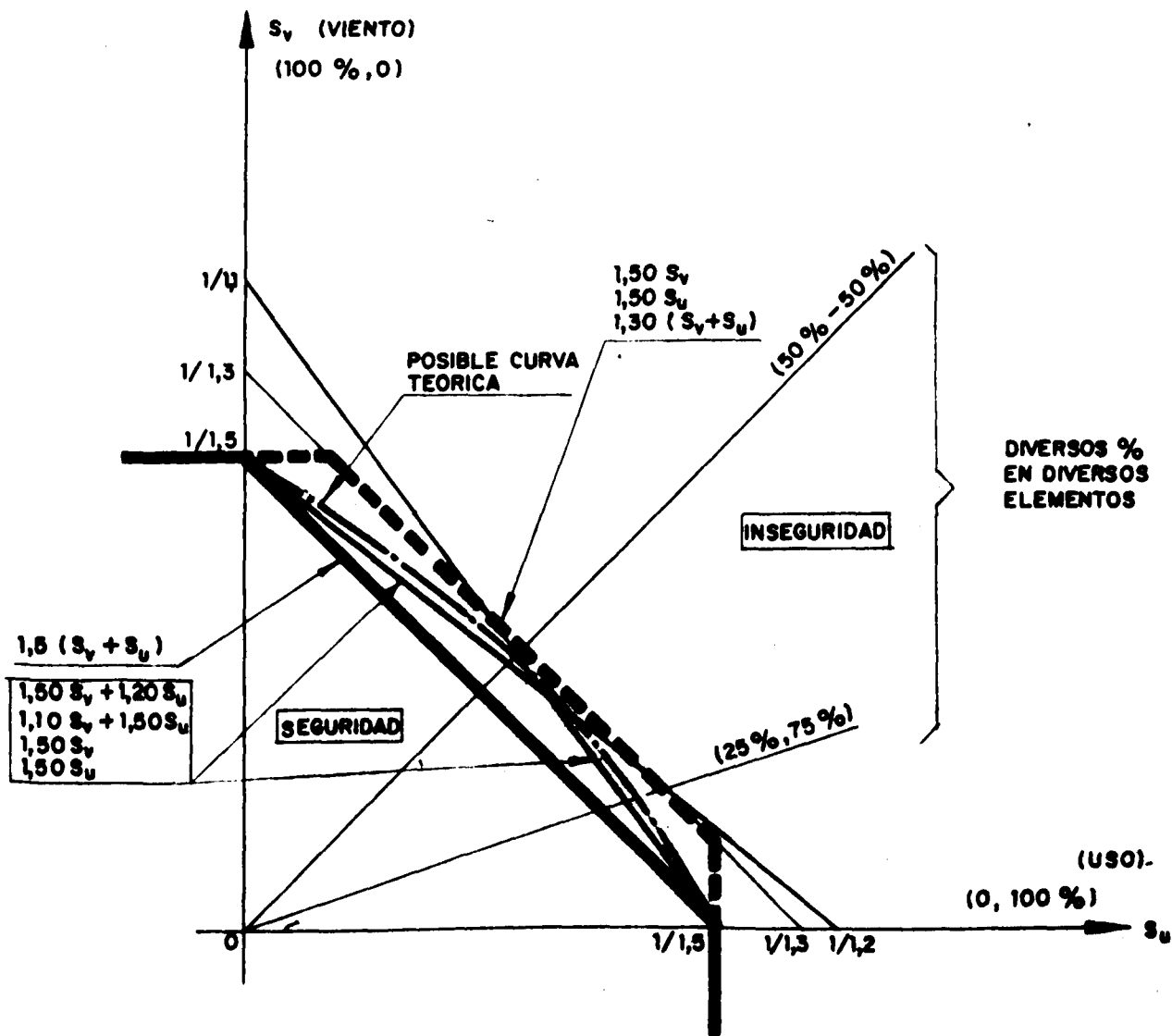
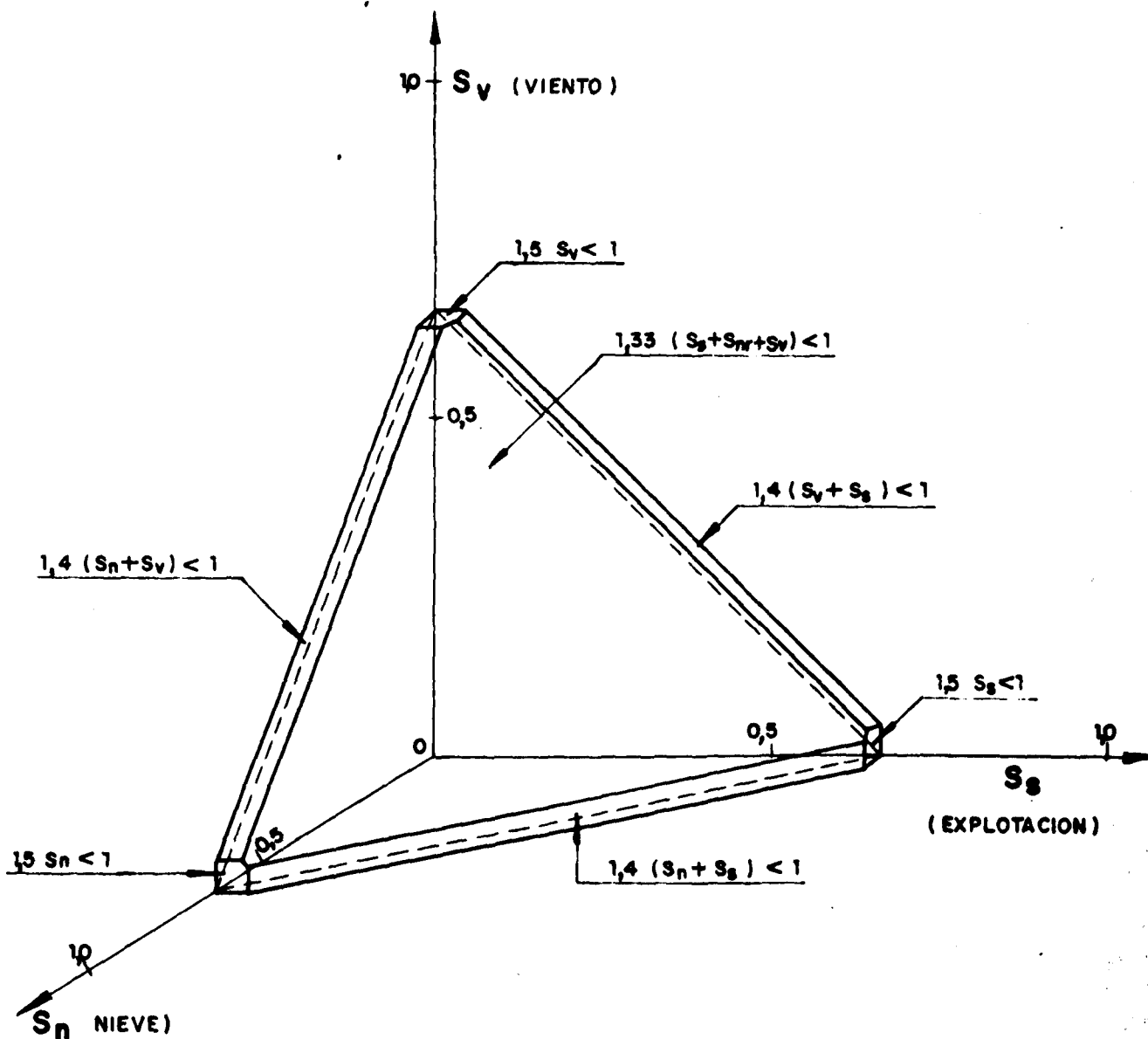


FIG. 2.1



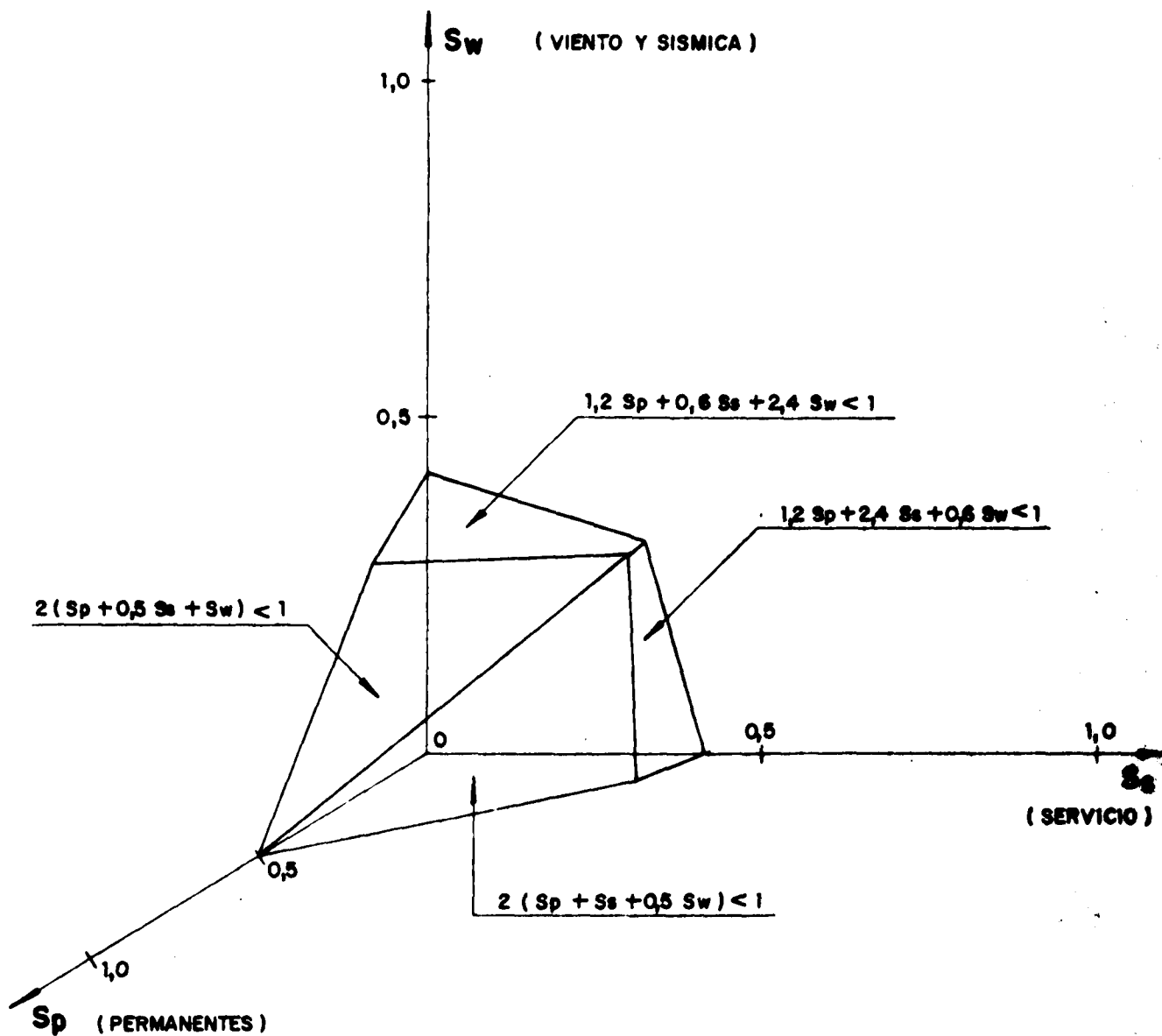
SOLIDO L, PROPUESTA

Fig. 3.1.

NOTA:

SI LA RESISTENCIA ES 1, LAS CARGAS DEBEN ESTAR DENTRO DE LA FIGURA EN LINEAS LLENAS ($\sum S_i < 1$).—

CON UN UNICO COEFICIENTE 1,55 CORRESPONDE LA FIGURA EN PUNTEADO.—



ZONA VALIDA DE COMPOSICION DE CARGAS SEGUN PROPUESTA.
RESISTENCIA = 1

Fig. 3.2

POSTERIORMENTE HEMOS REEMPLAZADO
1,09 S_v POR 1,00 S_v (FIG. 3.4)

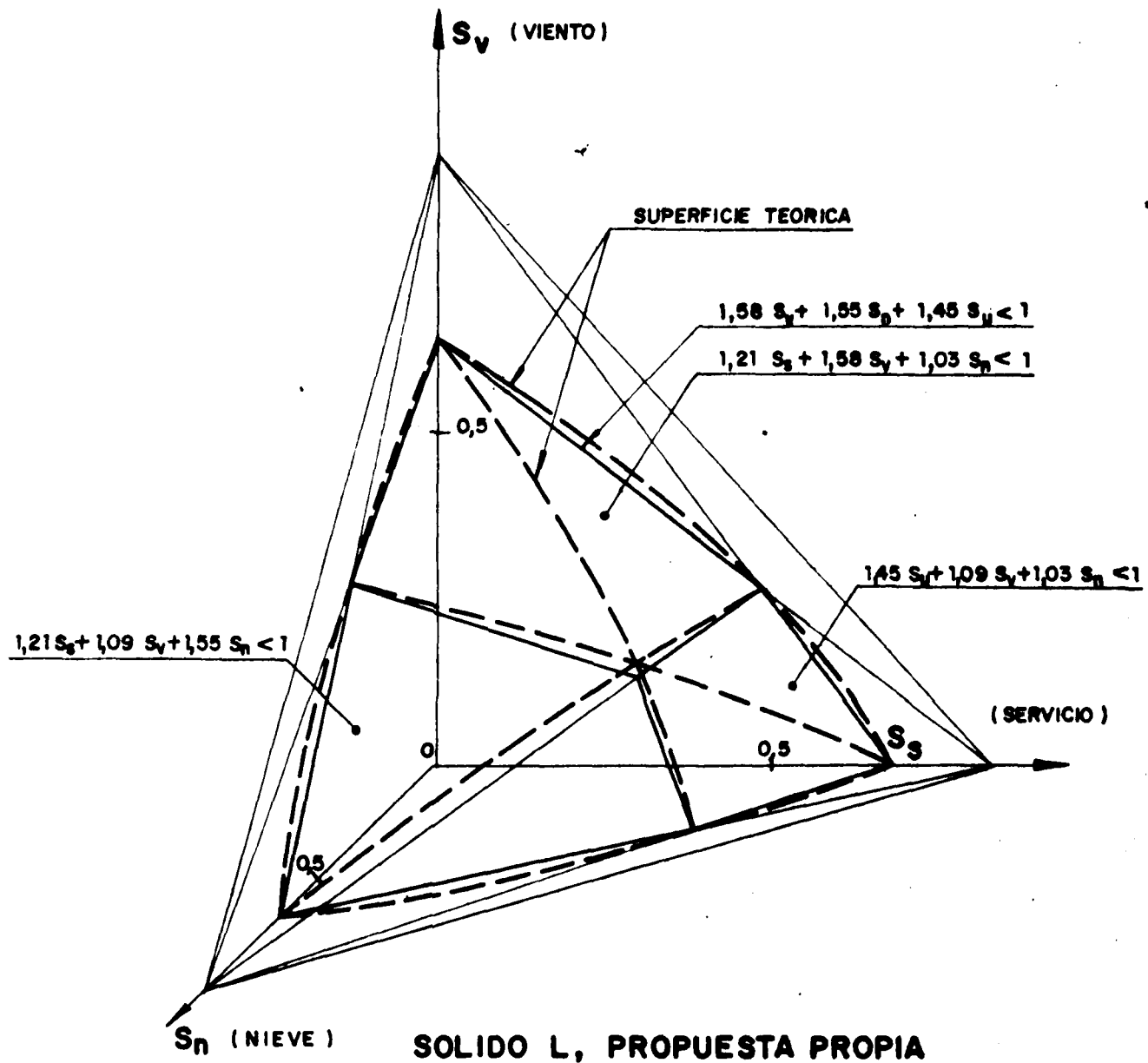
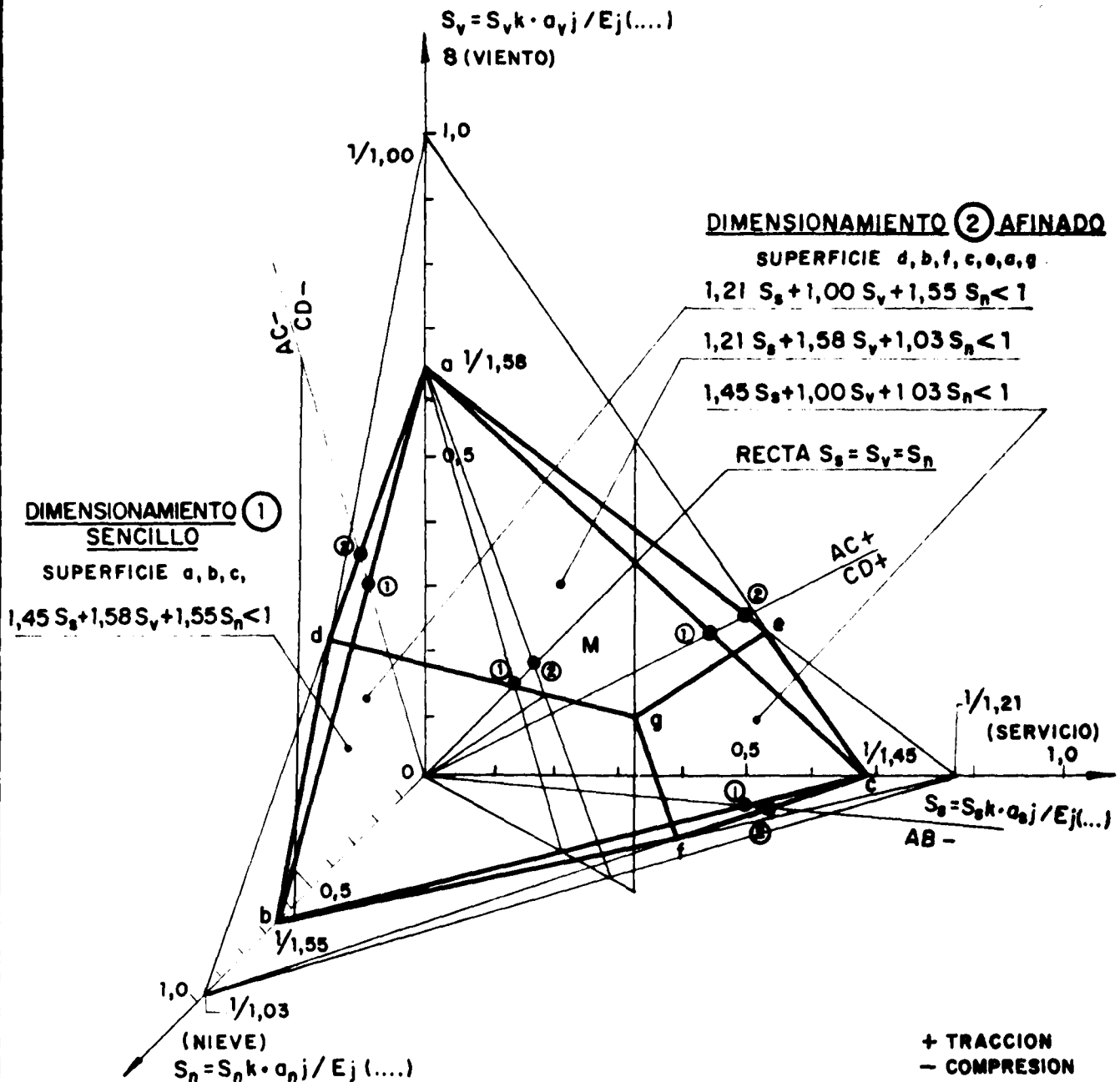


Fig. 3.3.

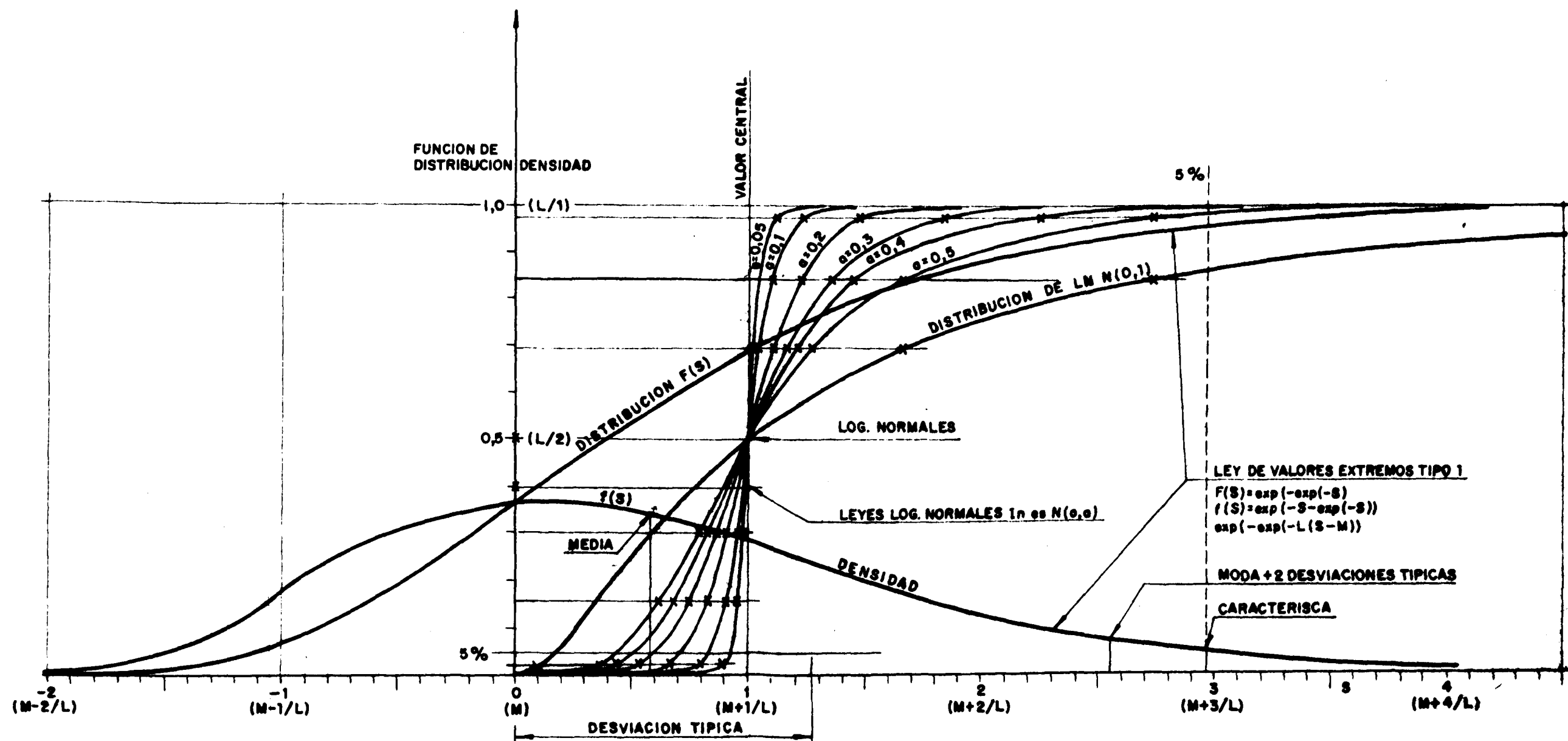
A CADA ELEMENTO CORRESPONDE UNA RECTA POR O, DE COSENOS DIRECTORES PROPORCIONALES A (S_n, S_s, S_v) DEL ELEMENTO; CORTA LAS SUPERFICIES DE DIMENSIONAMIENTO EN LOS PUNTOS ① Y ②; SI EL DIMENSIONAMIENTO ES OPTIMO (S_n, S_s, S_v) ESTA EN EL PUNTO ① O ②, SEGUN FORMULAS EMPLEADAS.



SOLIDO L, PROPUESTA CAP. 11
(CONSTRUCCION METALICA)

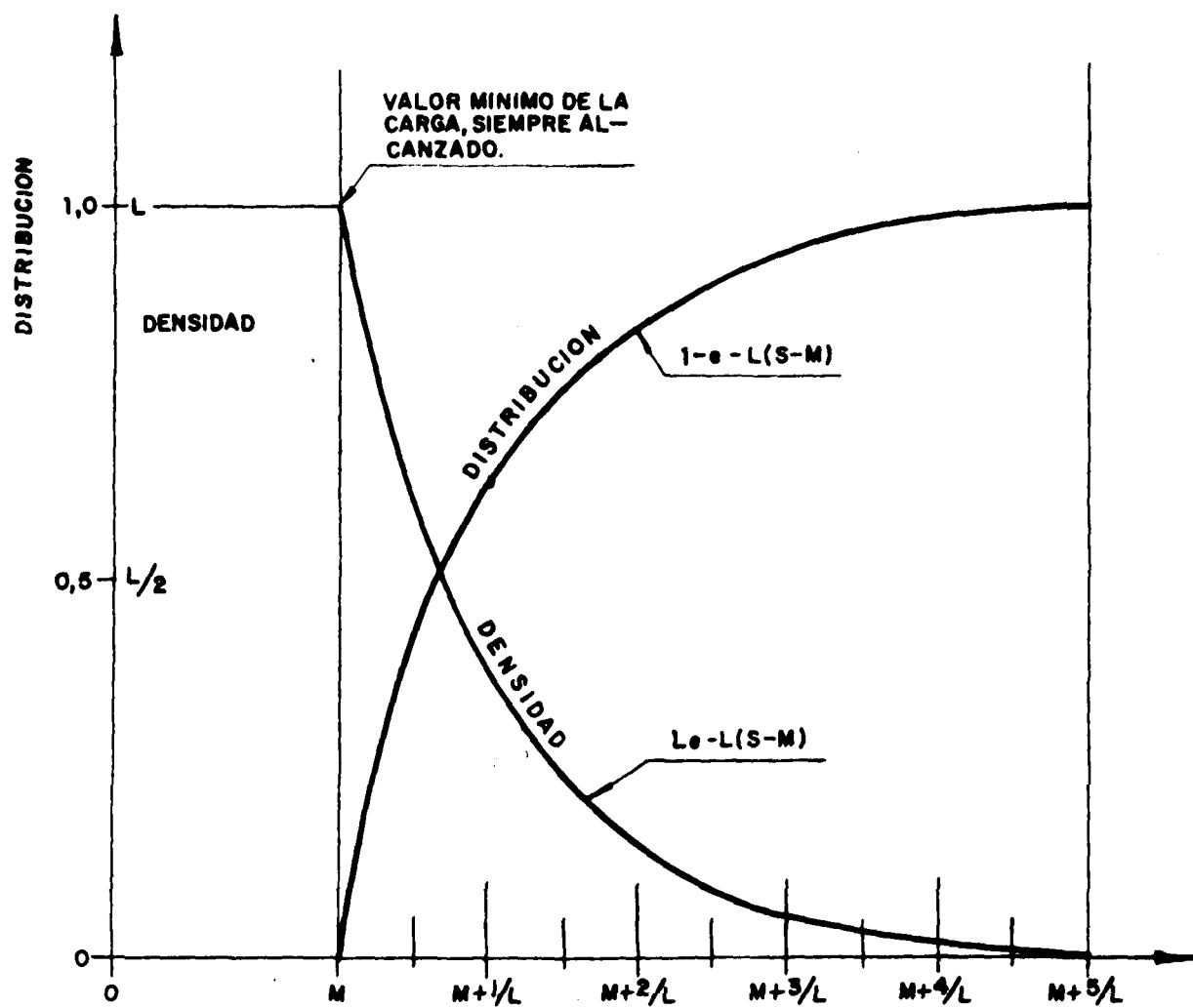
FIG. 3.4

LAS BARRAS DE LA FIGURA 11.2 ESTAN REPRESENTADAS POR SUS RECTAS OM, EN TRACCION Y COMPRESION.



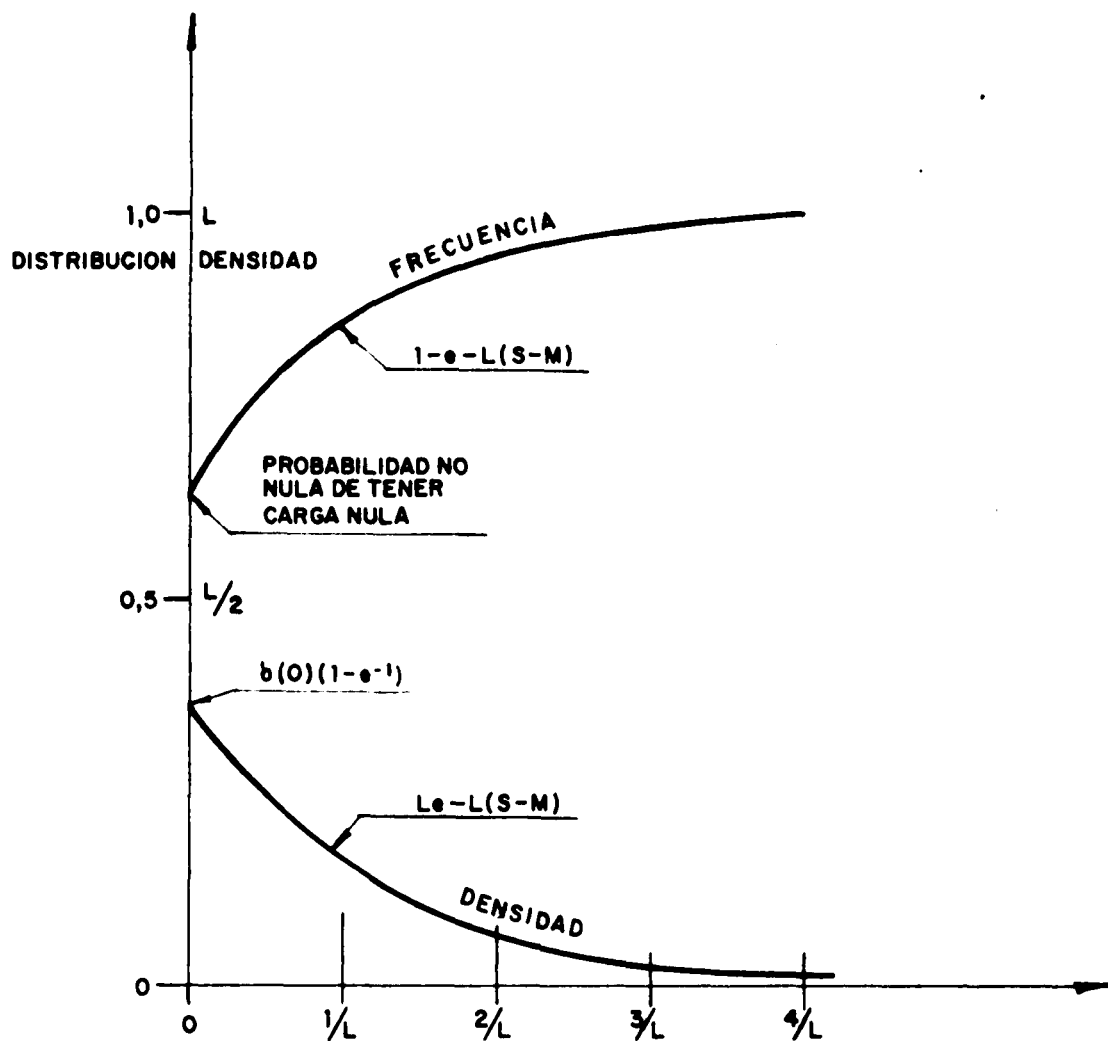
LEYES LOGARITMOS NORMALES $\ln s \sim N(\mu, \sigma)$
LEY DE VALORES EXTREMOS TIPO 1

Fig. 5.1



LEY EXPONENCIAL $M > 0$

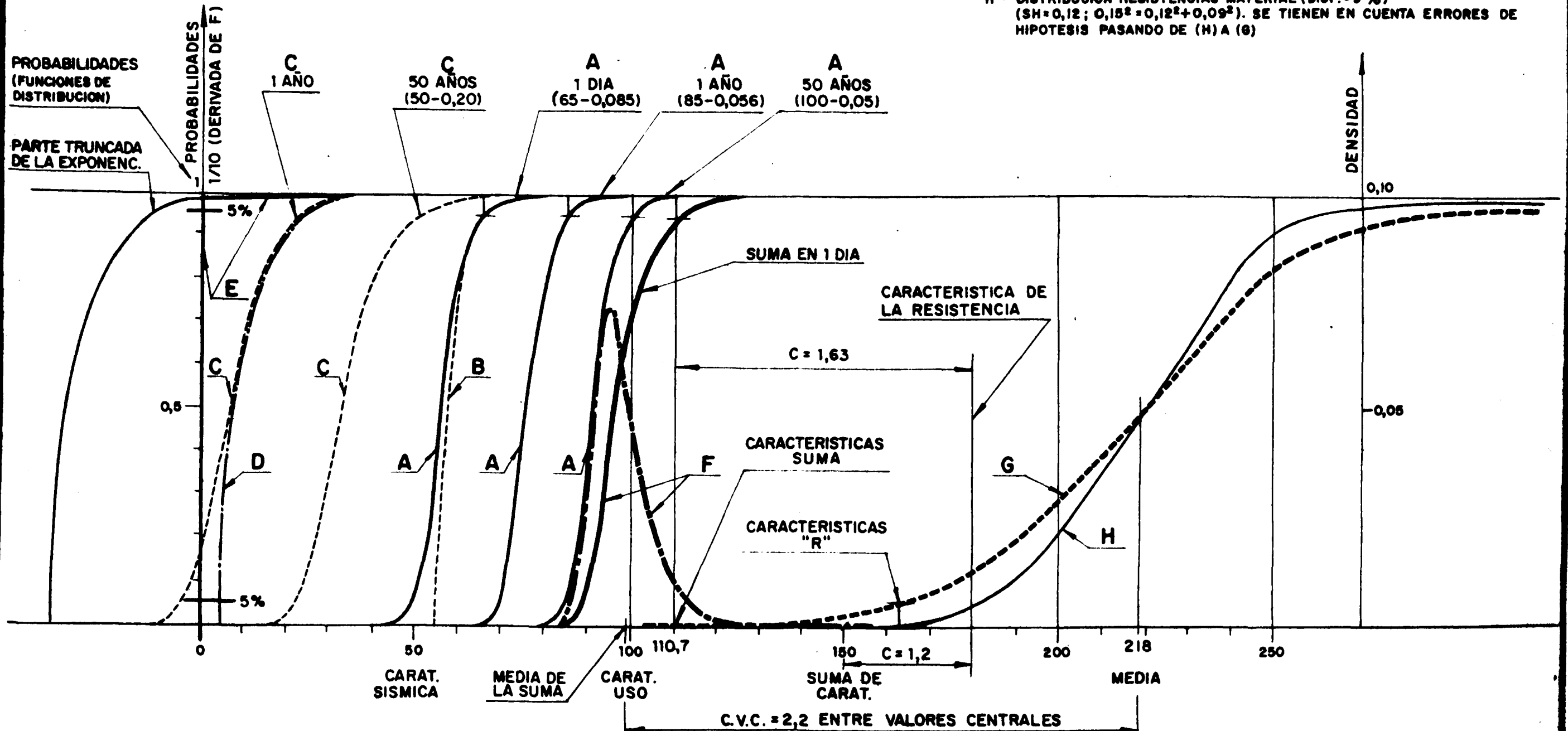
FIG. 5.2



LEY EXPONENCIAL $ML = -1$

FIG. 5.3

- A - CARGA DE USO (50 AÑOS, CARACTERISTICAS=100; DISP.=0,05)
- B - COMO SE REPRESENTA POR UNA EXPONENCIAL EN UN DIA ($L=0,280$; $M=54,4$)
- C - CARGA SISMICA 50 AÑOS (CARACT.=50; DISP.=0,25)
- D - COMO SE REPRESENTA POR UNA EXPONENCIAL EN UN AÑO ($L=0,150$; $M=4,22$)
- E - COMO SE REPRESENTA POR UNA EXPONENCIAL TRUNCADA EN UN DIA ($L=0,150$; $M=-34,98$)
- F - SUMADAS POR EL COMPUTADOR LAS EXPONENCIALES ANTERIORES EN UN DIA DAN DISTRIBUCION EN 50 AÑOS (CARGA=110,7; DISP.=0,063)
- G - DISTRIBUCION "R" log. NORMAL, CON CARGA=1,63; DISP.=0,15
- H - DISTRIBUCION RESISTENCIAS MATERIAL (DISP.=9%) ($SH=0,12$; $0,15^2=0,12^2+0,09^2$). SE TIENEN EN CUENTA ERRORES DE HIPOTESIS PASANDO DE (H) A (G)



COMO SE DESPLAZA HACIA LA DERECHA UNA LEY DE VALORES EXTREMOS CON EL TIEMPO Y FORMA DE LAS DISTRIBUCIONES DE ESFUERZOS DE CARGAS Y DE RESISTENCIAS DE UN ELEMENTO. PROBABILIDAD DE RUINA = 7×10^{-6} EN 50 AÑOS

FIG. 5.4

5-5

Suma de dos cargas de ley de valores extremos.

Moda de la suma.

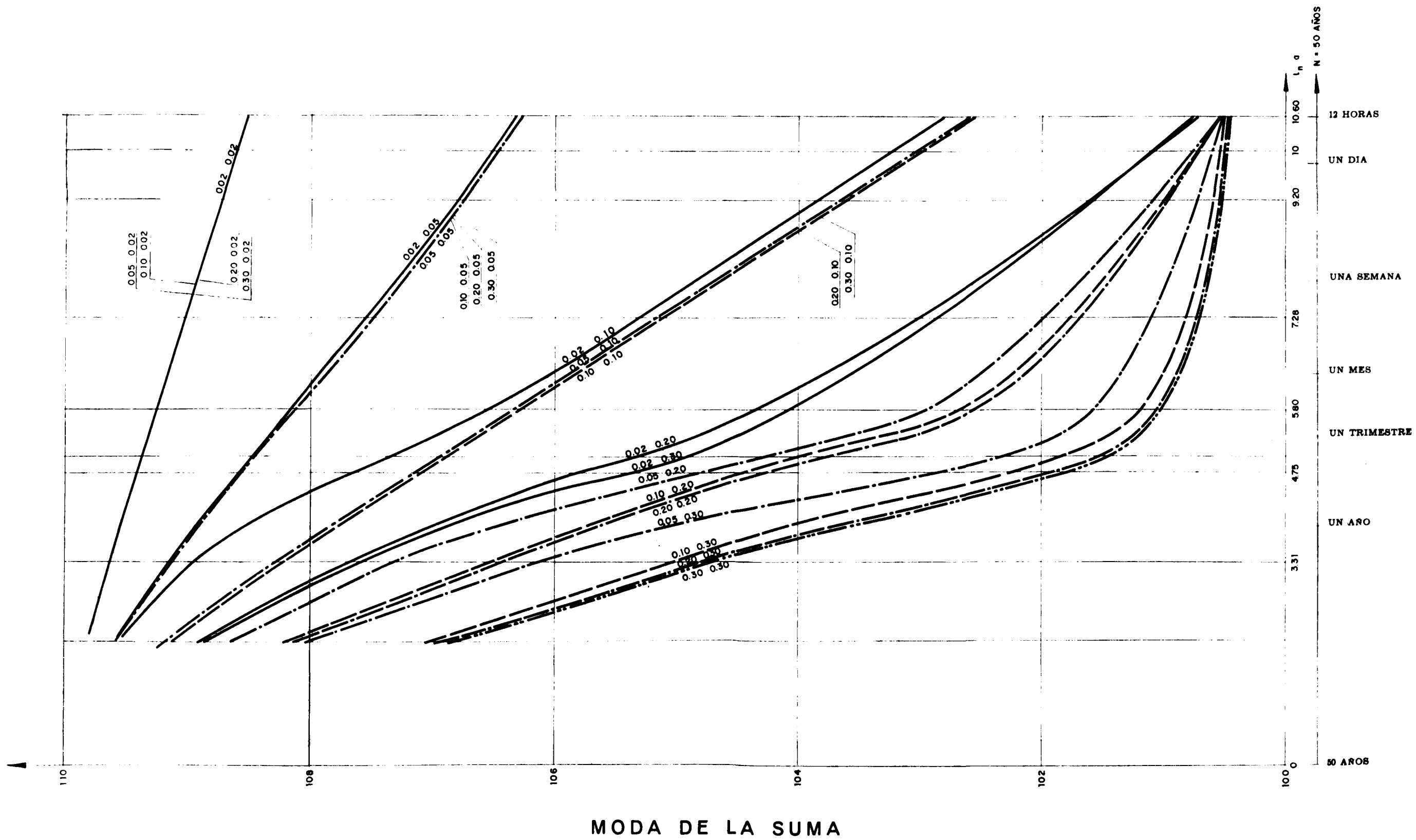
Dispersiones y modas definidas para N . Se suman máximos exponenciales en N/a .

Caso particular: $N = 50$ años.

Una de las cargas tendrá por moda 100, y la otra, 10.

Dispersiones (desviación típica/moda) de 0,02 a 0,30.

(0,07-0,02): Significa que la de 100 tiene 0,07 de dispersión y que la de 10 es de 0,02.



5-6

Suma de dos cargas de ley de valores extremos.

Dispersión de la suma.

Dispersiones y modas definidas para N . Se suman máximos exponenciales en N/a .

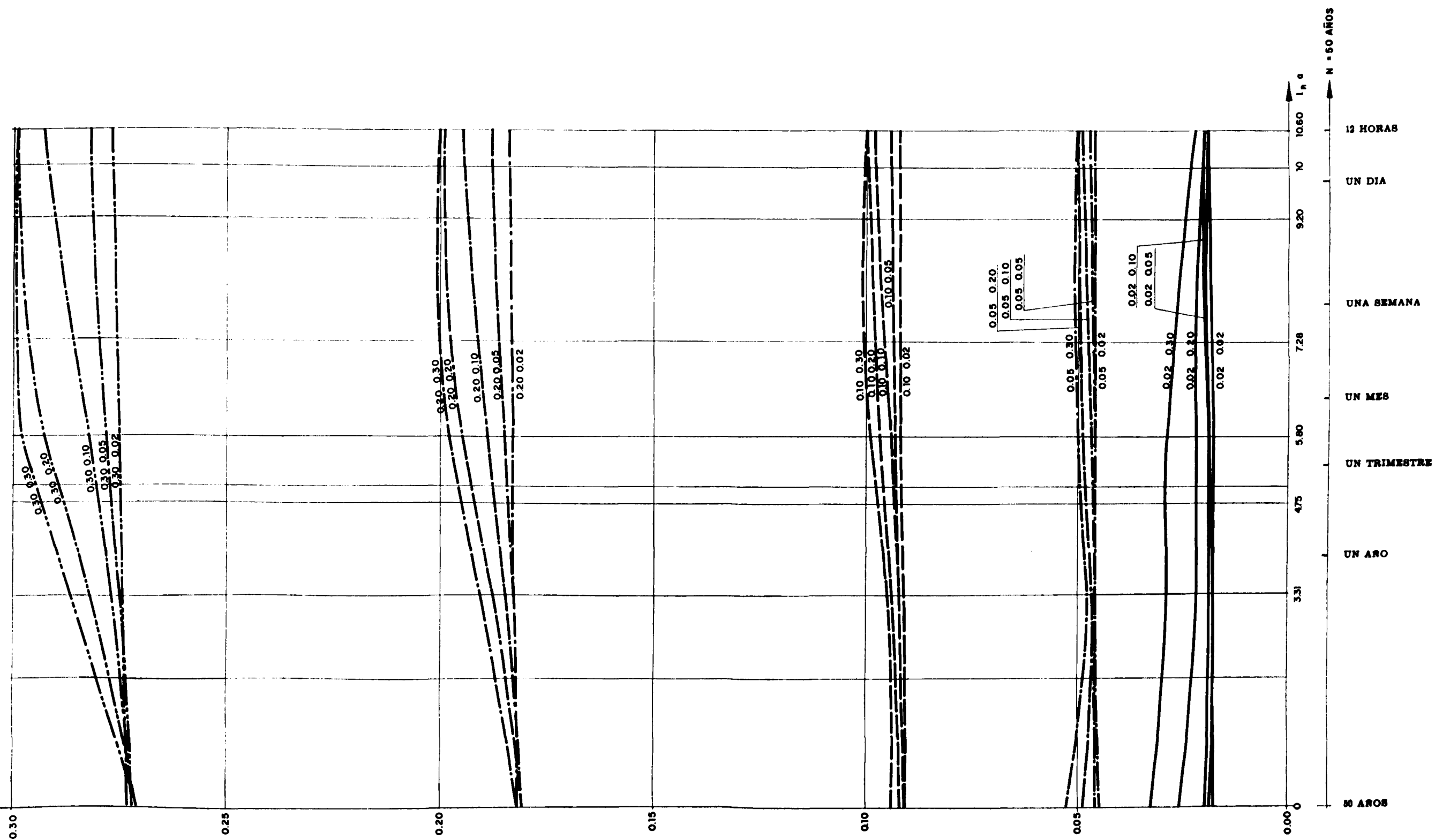
Caso particular: $N = 50$ años.

Una de las cargas tendrá por moda 100, y la otra, 10.

Dispersiones (desviación típica/moda) de 0,02 a 0,30.

(0,07-0,02): Significa que la de 100 tiene 0,07 de dispersión y que la de 10 es de 0,02.

DISPERSION DE LA SUMA



5-7

Suma de dos cargas de ley de valores extremos.

Moda de la suma.

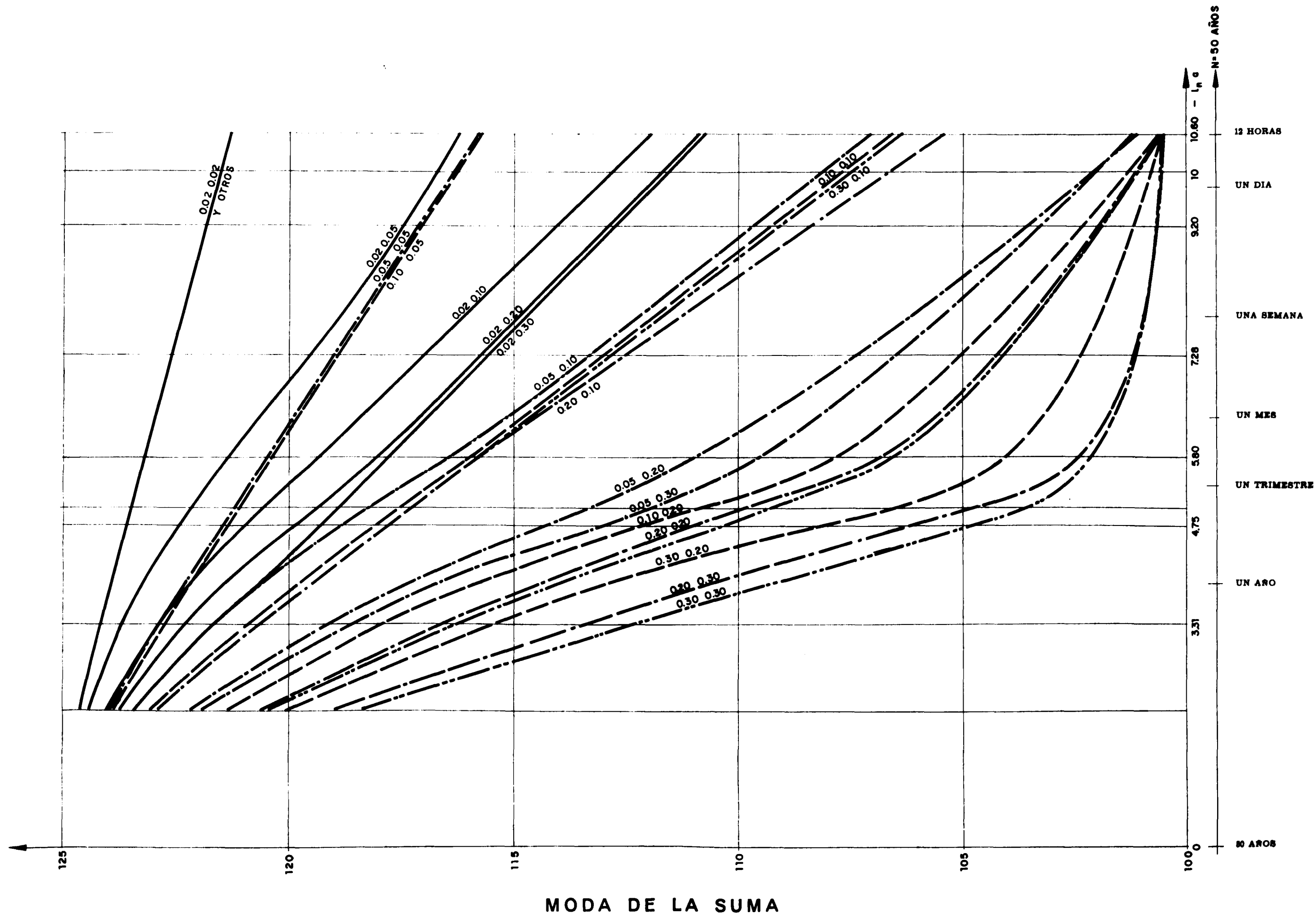
Dispersiones y modas definidas para N . Se suman máximos exponenciales en N/a .

Caso particular: $N = 50$ años.

Una de las cargas tendrá por moda 100, y la otra, 25.

Dispersiones (desviación típica/moda) de 0,02 a 0,30.

(0,07-0,02): Significa que la de 100 tiene 0,07 de dispersión y que la de 25 es de 0,02.



5-8

Suma de dos cargas de ley de valores extremos.

Dispersión de la suma.

Dispersiones y modas definidas para N . Se suman máximos exponenciales en N/a .

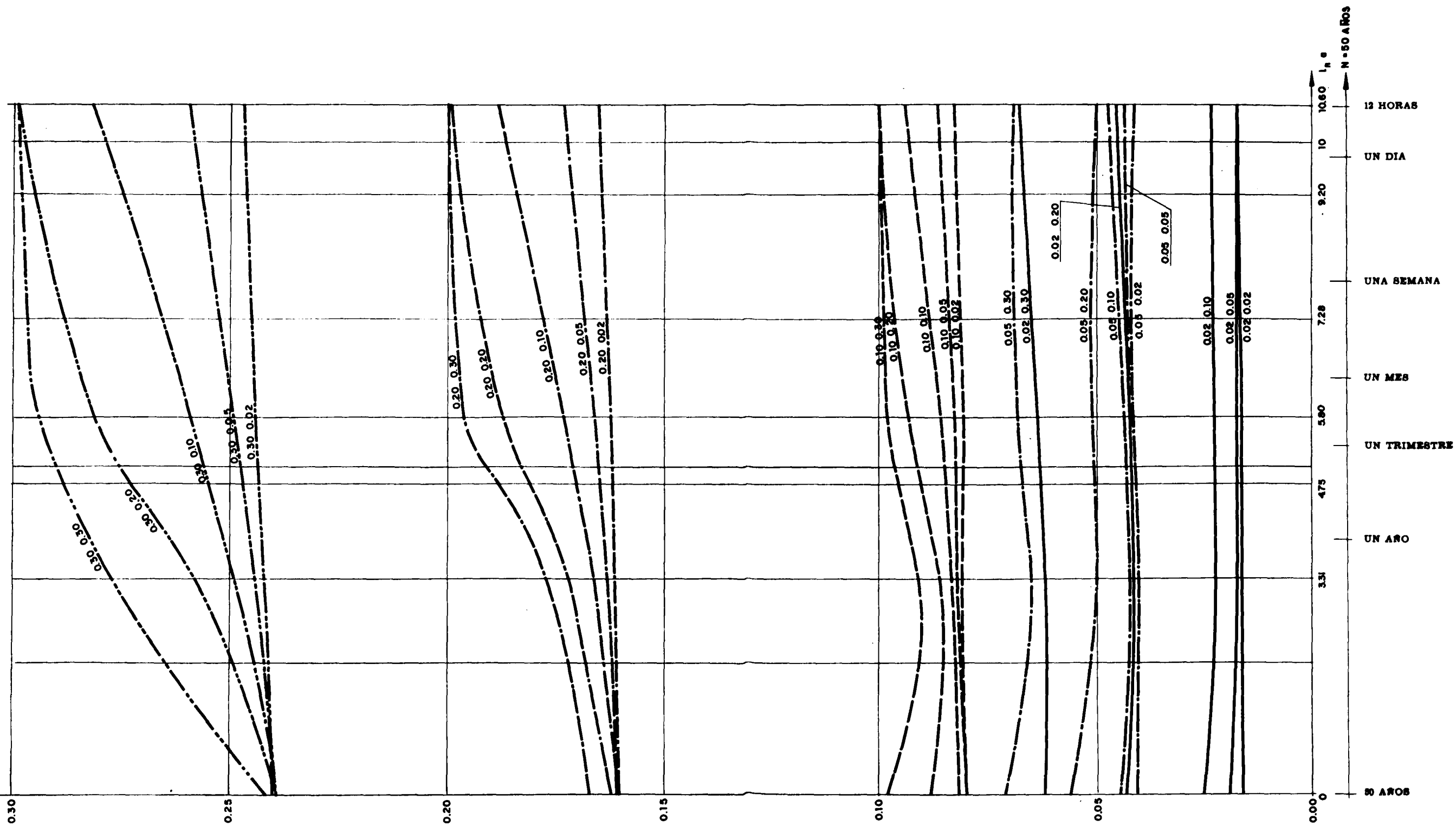
Caso particular: $N = 50$ años.

Una de las cargas tendrá por moda 100, y la otra, 25.

Dispersiones (desviación típica/moda) de 0,02 a 0,30.

(0,07-0,02): Significa que la de 100 tiene 0,07 de dispersión y que la de 25 es de 0,02.

DISPERSION DE LA SUMA



5-9

Suma de dos cargas de ley de valores extremos.

Moda de la suma.

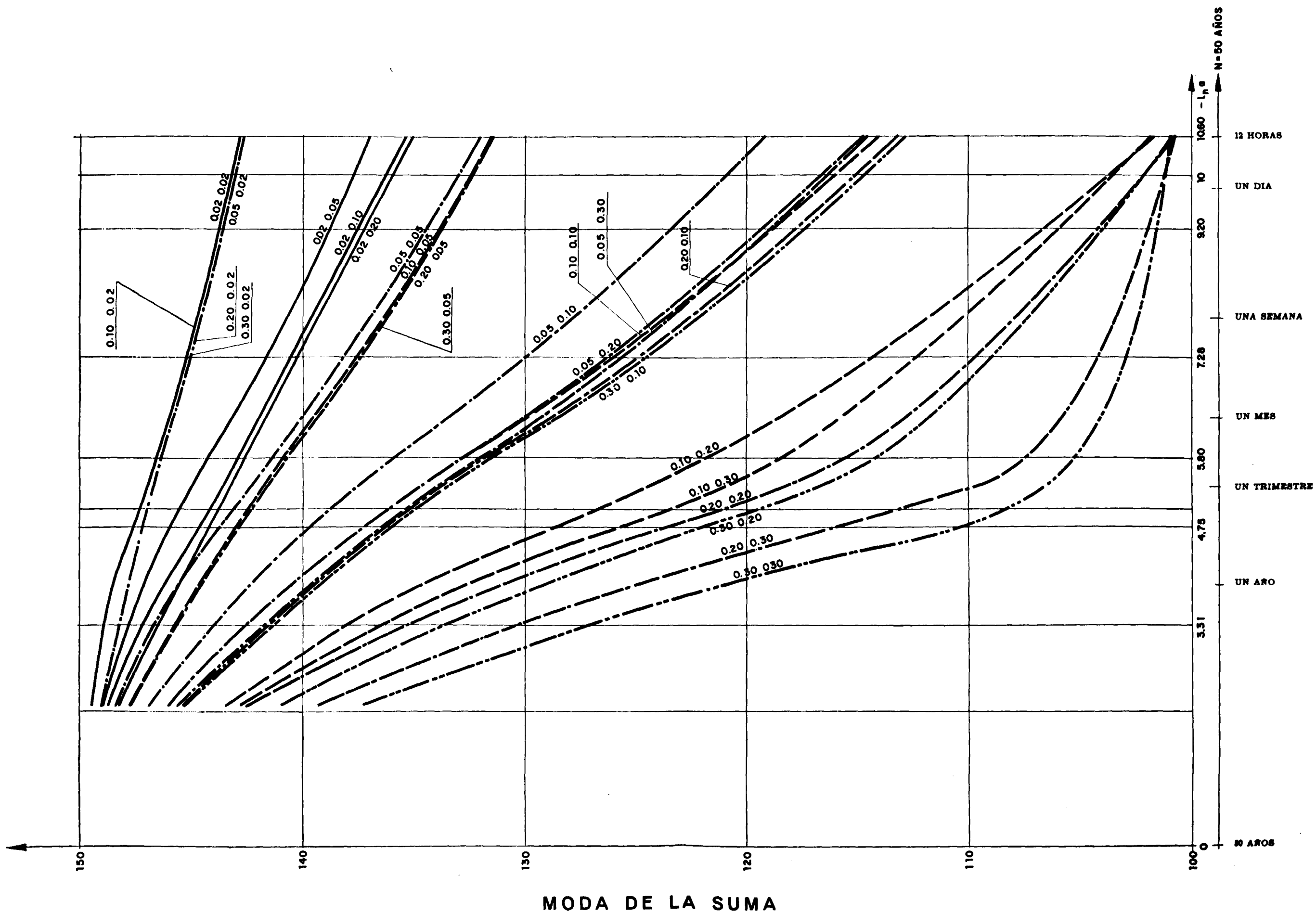
Dispersiones y modas definidas para N . Se suman máximos exponenciales en N/a .

Caso particular: $N = 50$ años.

Una de las cargas tendrá por moda 100, y la otra, 50.

Dispersiones (desviación típica/moda) de 0,02 a 0,30.

(0,07-0,02): Significa que la de 100 tiene 0,07 de dispersión y que la de 50 es de 0,02.



5-10

Suma de dos cargas de ley de valores extremos.

Dispersión de la suma.

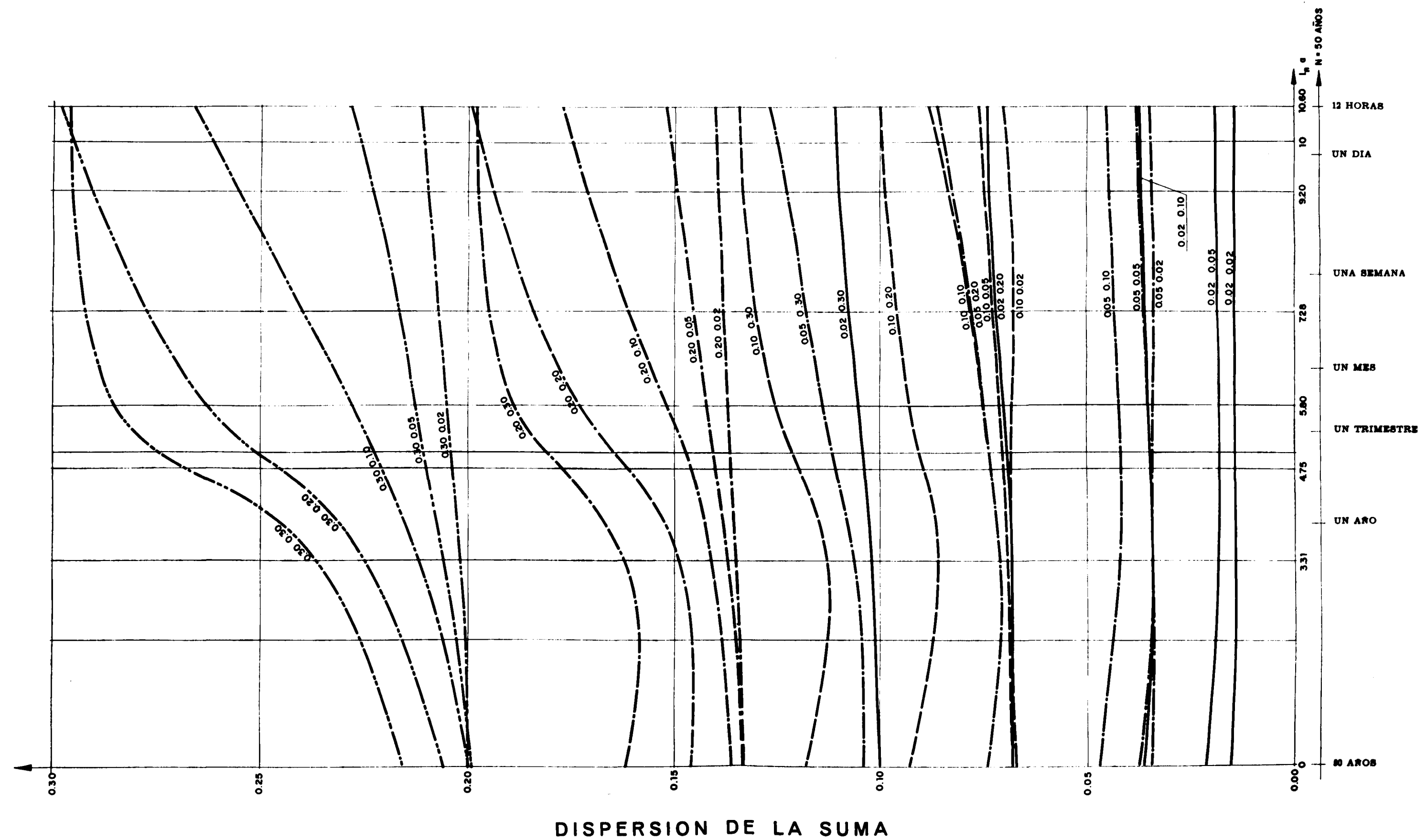
Dispersiones y modas definidas para N . Se suman máximos exponenciales en N/a .

Caso particular: $N = 50$ años.

Una de las cargas tendrá por moda 100, y la otra, 50.

Dispersiones (desviación típica/moda) de 0,02 a 0,30.

(0,07-0,02): Significa que la de 100 tiene 0,07 de dispersión y que la de 50 es de 0,02.



5-11

Suma de dos cargas de ley de valores extremos.

Moda de la suma.

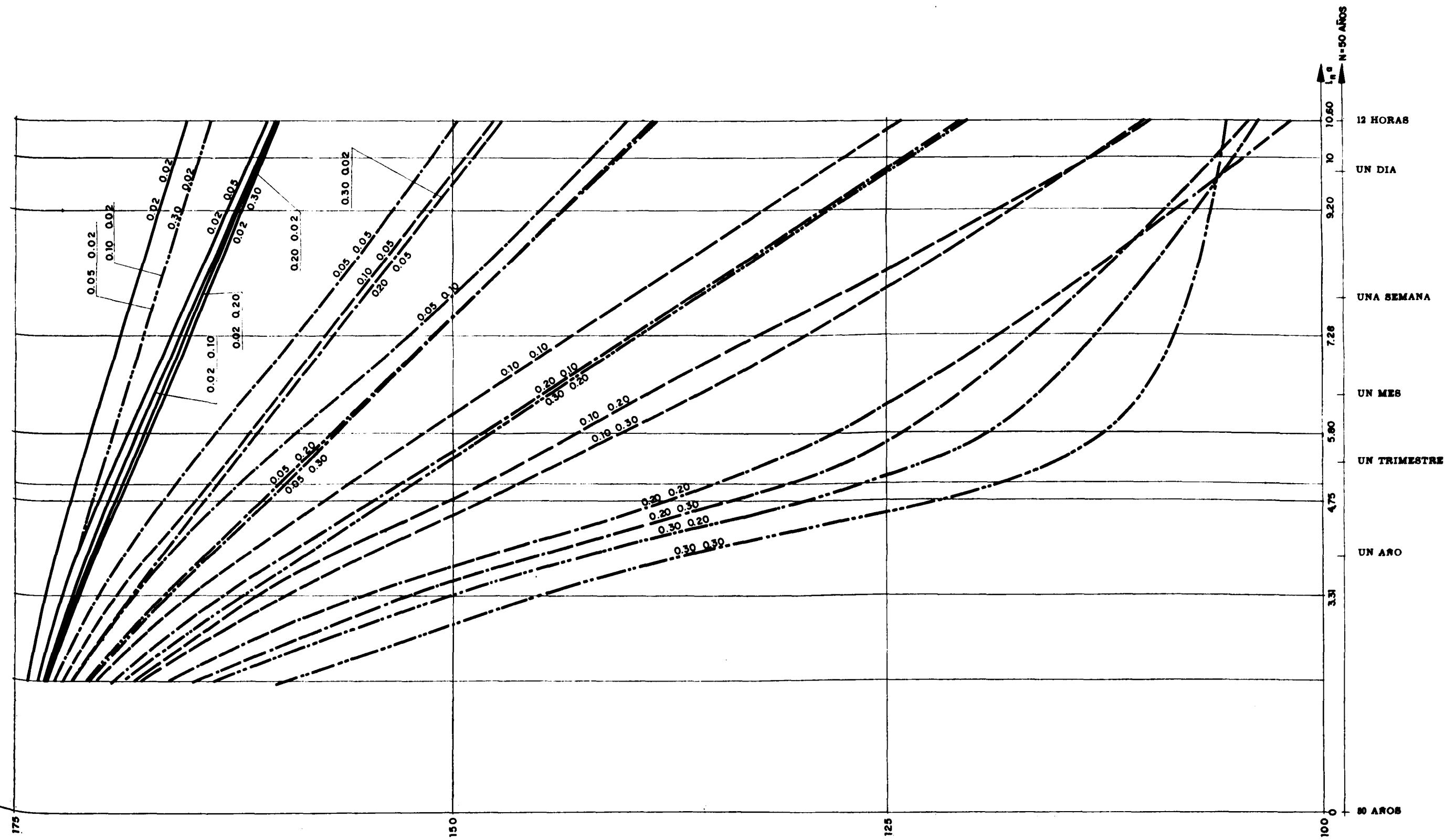
Dispersiones y modas definidas para N . Se suman máximos exponenciales en N/a .

Caso particular: $N = 50$ años.

Una de las cargas tendrá por moda 100, y la otra, 75.

Dispersiones (desviación típica/moda) de 0,02 a 0,30.

(0,07-0,02): Significa que la de 100 tiene 0,07 de dispersión y que la de 75 es de 0,02.



MODA DE LA SUMA

5-12

Suma de dos cargas de ley de valores extremos.

Dispersión de la suma.

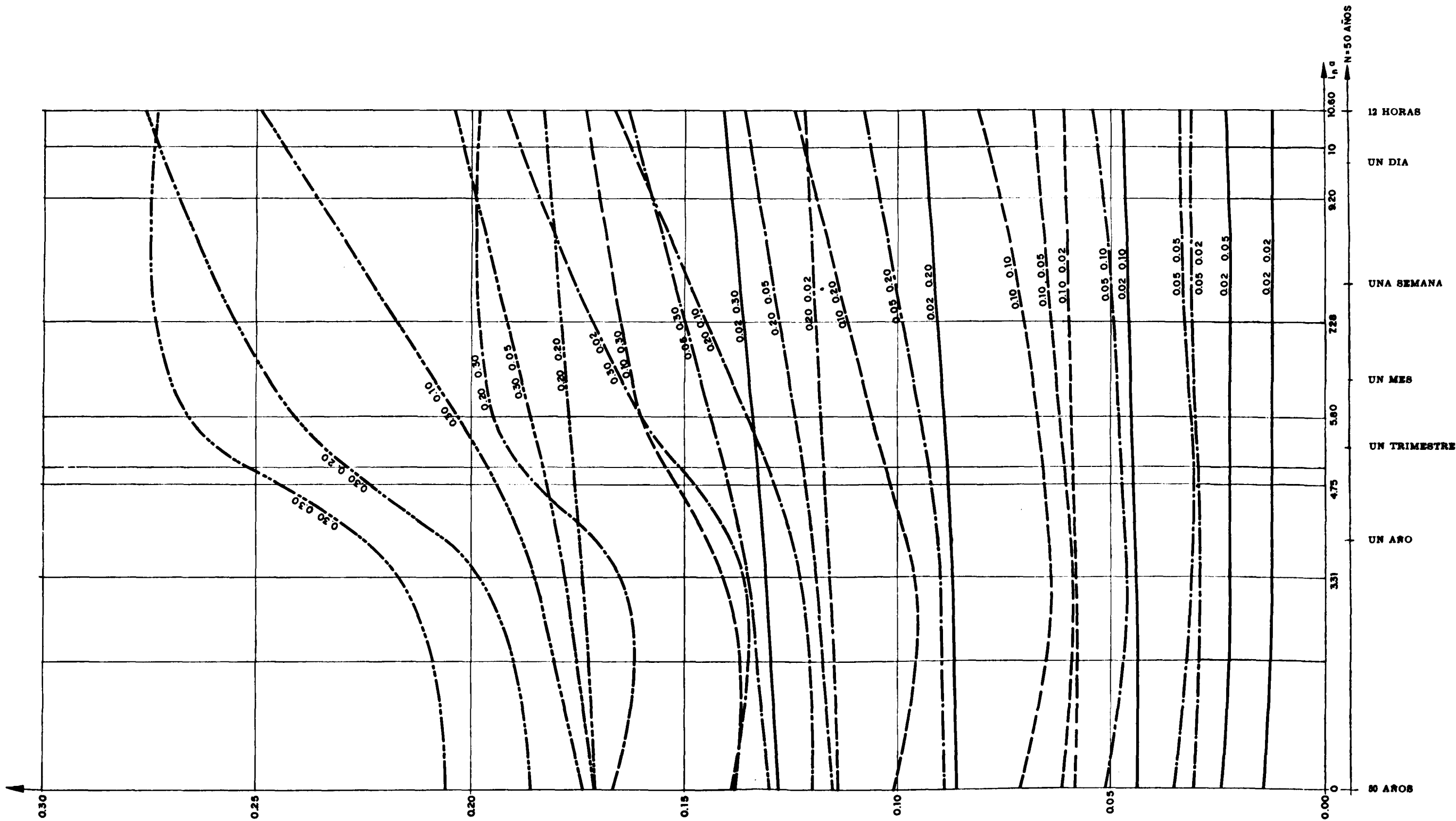
Dispersiones y modas definidas para N . Se suman máximos exponenciales en N/a .

Caso particular: $N = 50$ años.

Una de las cargas tendrá por moda 100, y la otra, 75.

Dispersiones (desviación típica/moda) de 0,02 a 0,30.

(0,07-0,02): Significa que la de 100 tiene 0,07 de dispersión y que la de 75 es de 0,02.



DISPERSION DE LA SUMA

5-13

Suma de dos cargas de ley de valores extremos.

Moda de la suma.

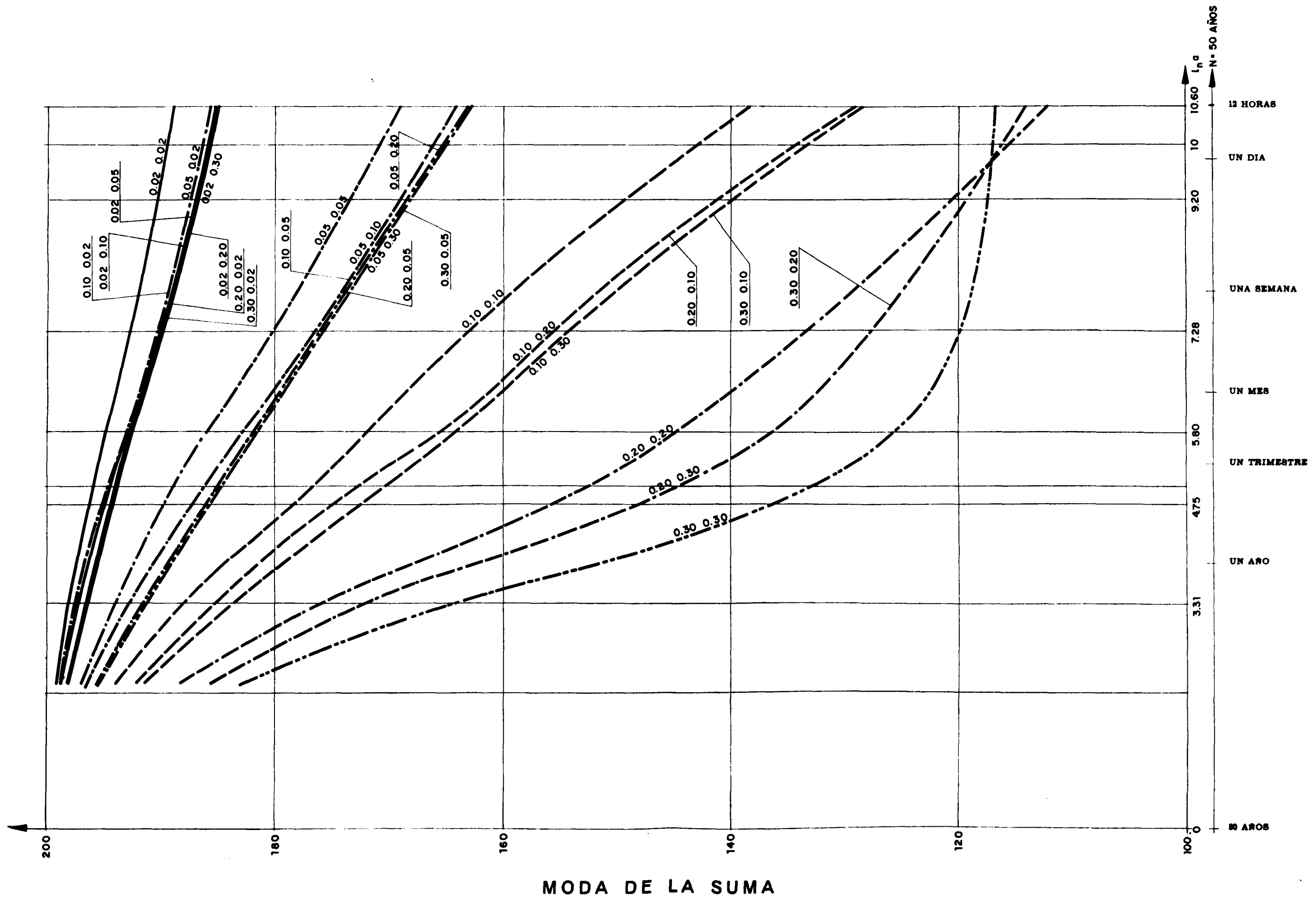
Dispersiones y modas definidas para N . Se suman máximos exponenciales en N/a .

Caso particular: $N = 50$ años.

Ambas tienen característica 100.

Dispersiones (desviación típica/moda) de 0,02 a 0,30.

(0,07-0,02): Indican las dispersiones de las dos cargas.



5-14

Suma de dos cargas de ley de valores extremos.

Dispersión de la suma.

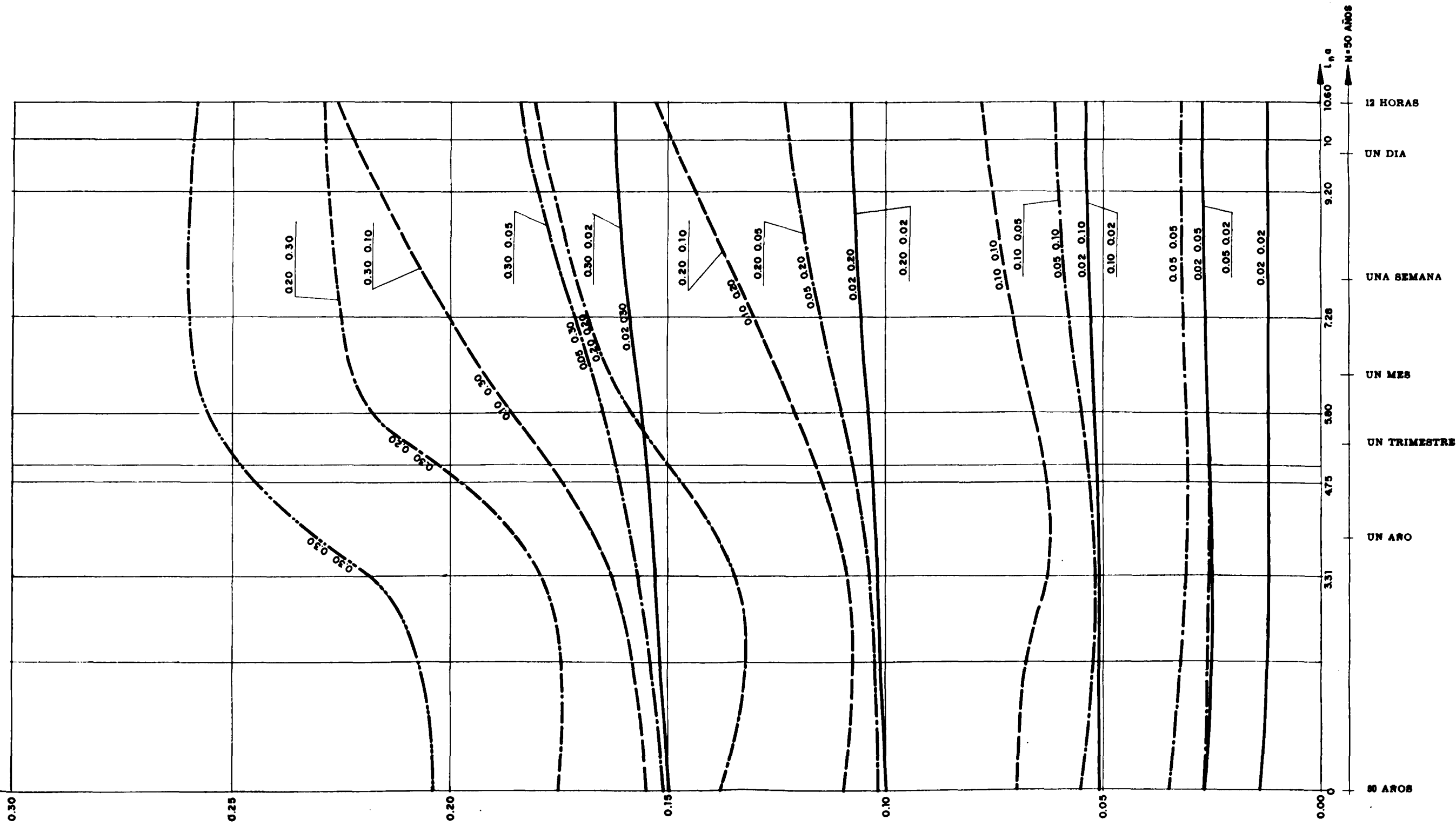
Dispersiones y modas definidas para N . Se suman máximos exponenciales en N/a .

Caso particular: $N = 50$ años.

Ambas tienen característica 100.

Dispersiones (desviación típica/moda) de 0,02 a 0,30.

(0,07-0,02): Indican las dispersiones de las dos cargas.



DISPERSION DE LA SUMA

5-15

Suma de dos cargas independientes de ley de valores extremos.

Característica de la suma.

Los máximos se superponen para N/a . La característica, definida para N .

Caso particular: $N = 50$ años.

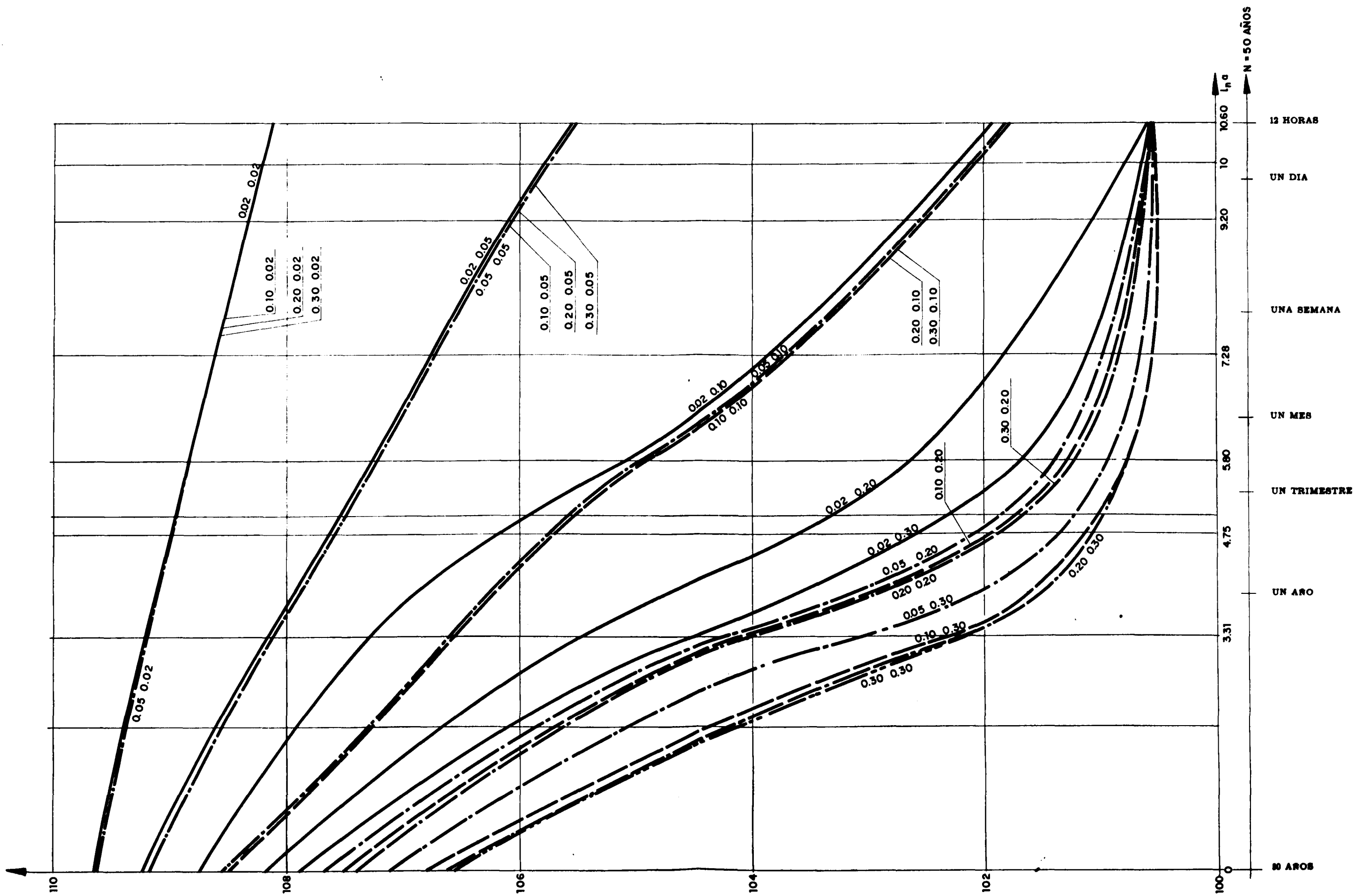
Característica = carga con 5 % de probabilidad de ser sobrepasada.

Dispersión = desviación típica/media.

Característica = media + desviación típica $\times 1,87$.

Una tiene característica 10, y la otra, 100.

(0,07-0,02): Significa que la de 10 tiene 0,02 de dispersión y que la de 100 es de 0,07.



CARACTERISTICA DE LA SUMA

5-16

Suma de dos cargas independientes de ley de valores extremos.

Dispersión de la suma.

Los máximos se superponen para N/a . La característica, definida para N .

Caso particular: $N = 50$ años.

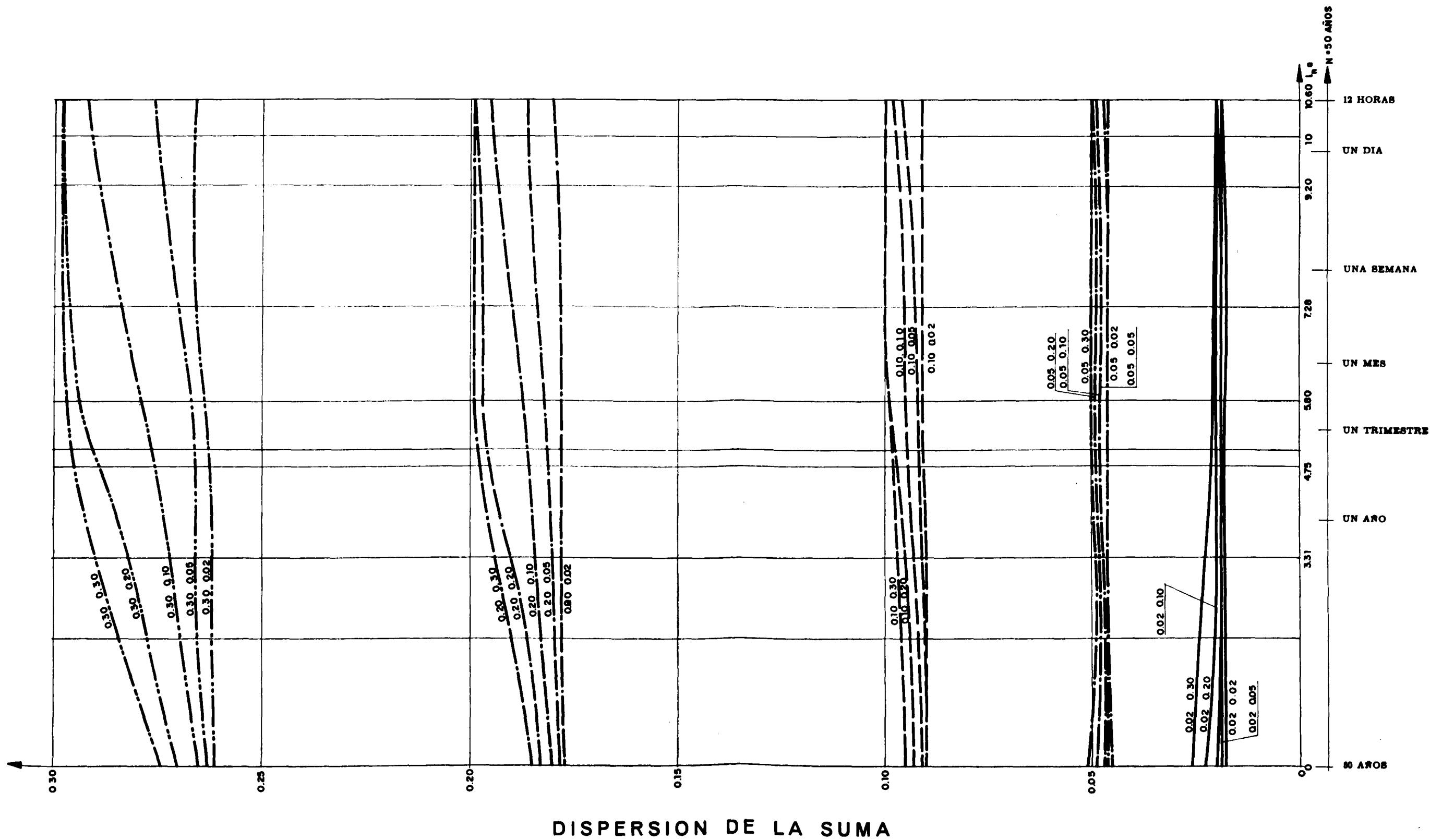
Característica = carga con 5 % de probabilidad de ser sobrepasada.

Dispersión = desviación típica/media.

Característica = media + desviación típica $\times 1,87$.

Una tiene característica 10, y la otra, 100.

(0,07-0,02): Significa que la de 10 tiene 0,02 de dispersión y que la de 100 es de 0,07.



5-17

Suma de dos cargas independientes de ley de valores extremos.

Característica de la suma.

Los máximos se superponen para N/a . La característica, definida para N .

Caso particular: $N = 50$ años.

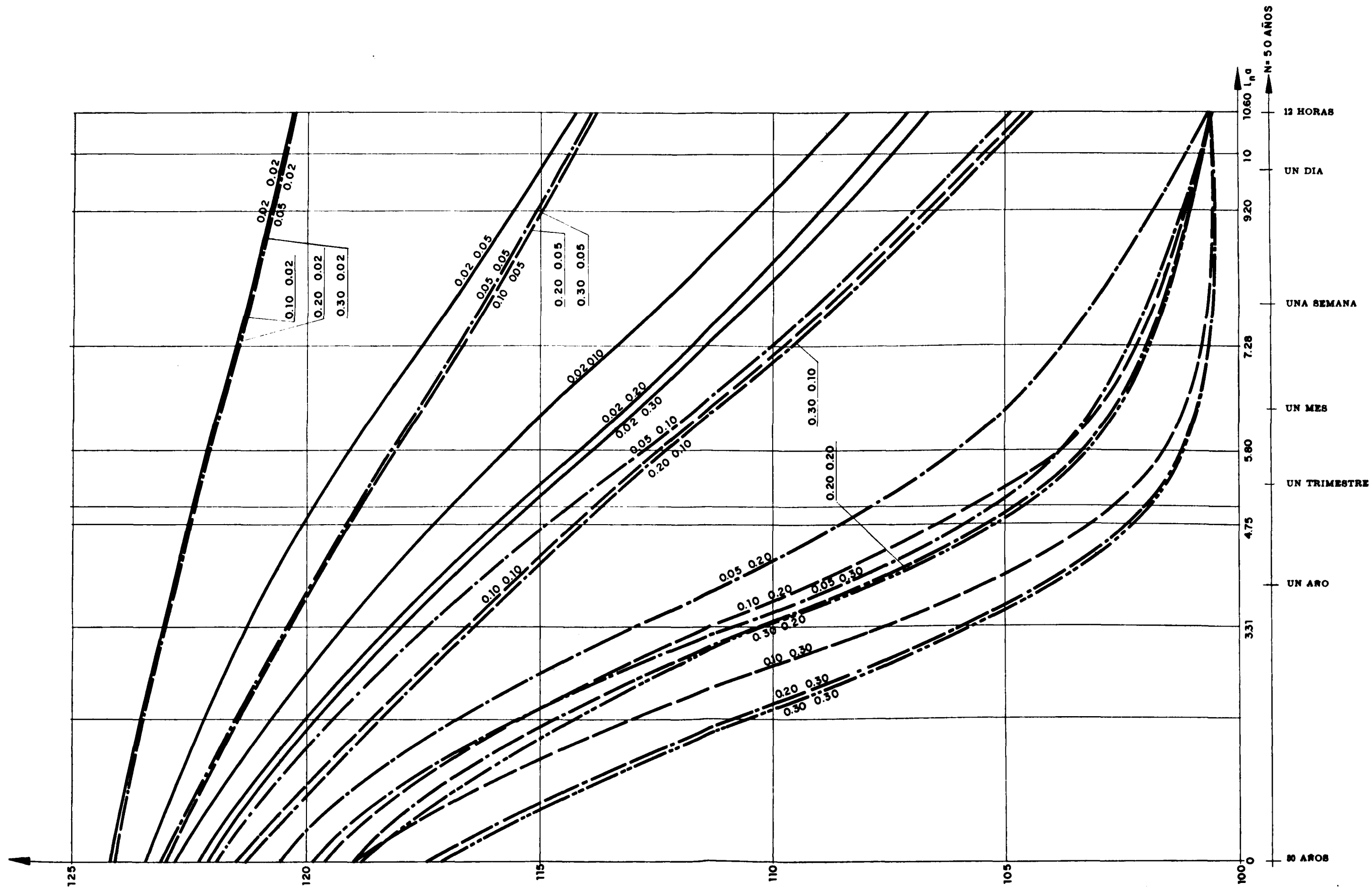
Característica = carga con 5 % de probabilidad de ser sobrepasada.

Dispersión = desviación típica/media.

Característica = media + desviación típica $\times 1,87$.

Una tiene característica 25, y la otra, 100.

(0,07-0,02): Significa que la de 25 tiene 0,02 de dispersión y que la de 100 es de 0,07.



CARACTERISTICA DE LA SUMA

5-18

Suma de dos cargas independientes de ley de valores extremos.

Dispersión de la suma.

Los máximos se superponen para N/a . La característica, definida para N .

Caso particular: $N = 50$ años.

Característica = carga con 5 % de probabilidad de ser sobrepasada.

Dispersión = desviación típica/media.

Característica = media + desviación típica $\times 1,87$.

Una tiene característica 25, y la otra, 100.

(0,07-0,02): Significa que la de 25 tiene 0,02 de dispersión y que la de 100 es de 0,07.

5-19

Suma de dos cargas independientes de ley de valores extremos.

Característica de la suma.

Los máximos se superponen para N/a . La característica, definida para N .

Caso particular: $N = 50$ años.

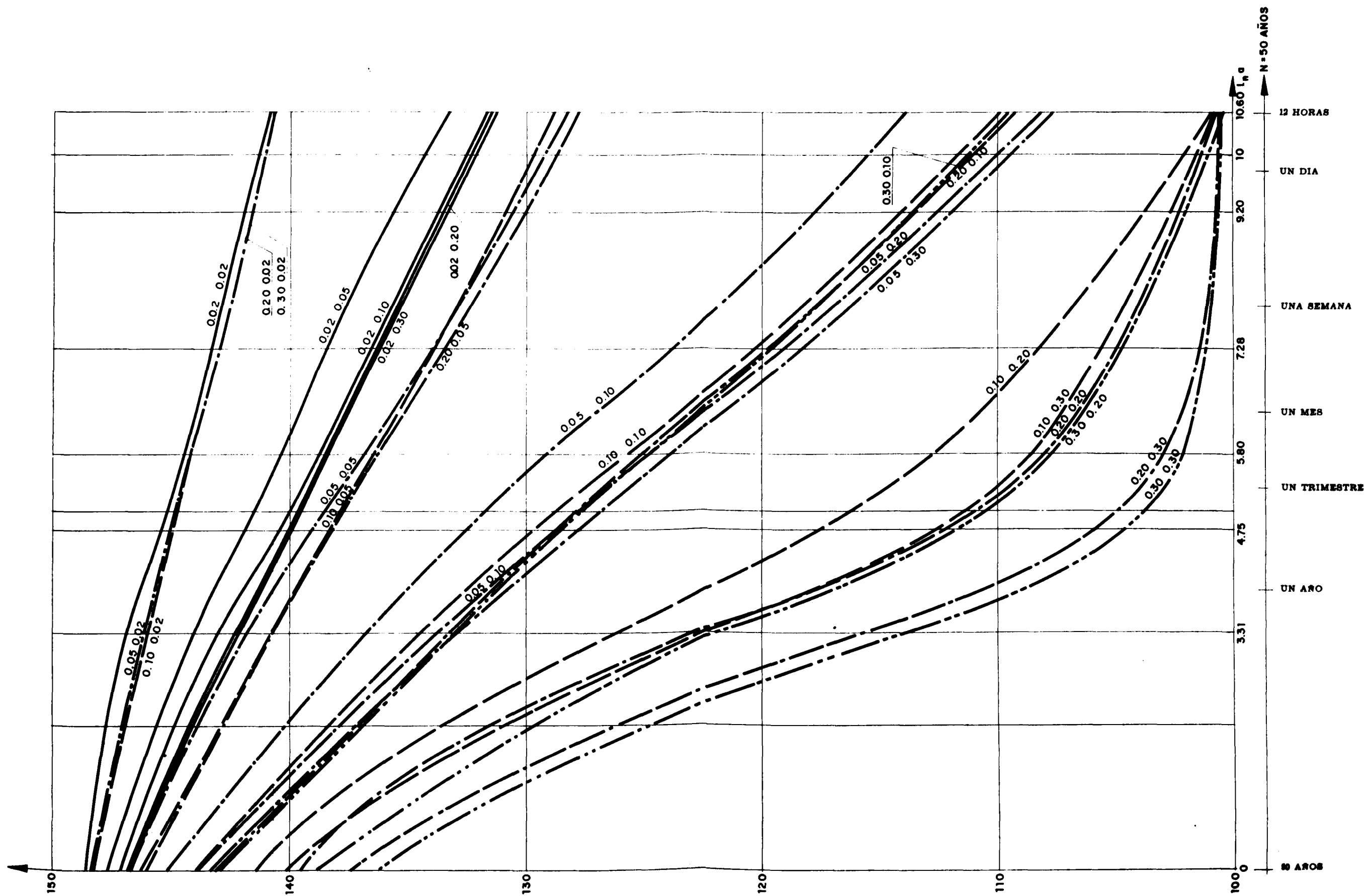
Característica = carga con 5 % de probabilidad de ser sobrepasada.

Dispersión \approx desviación típica/media.

Característica = media + desviación típica $\times 1,87$.

Una tiene una característica 50, y la otra, 100.

(0,07-0,02): Significa que la de 50 tiene 0,02 de dispersión y que la de 100 es de 0,07.



CARACTERISTICA DE LA SUMA

5-20

Suma de dos cargas independientes de ley de valores extremos.

Dispersión de la suma.

Los máximos se superponen para N/a . La característica, definida para N .

Caso particular: $N = 50$ años.

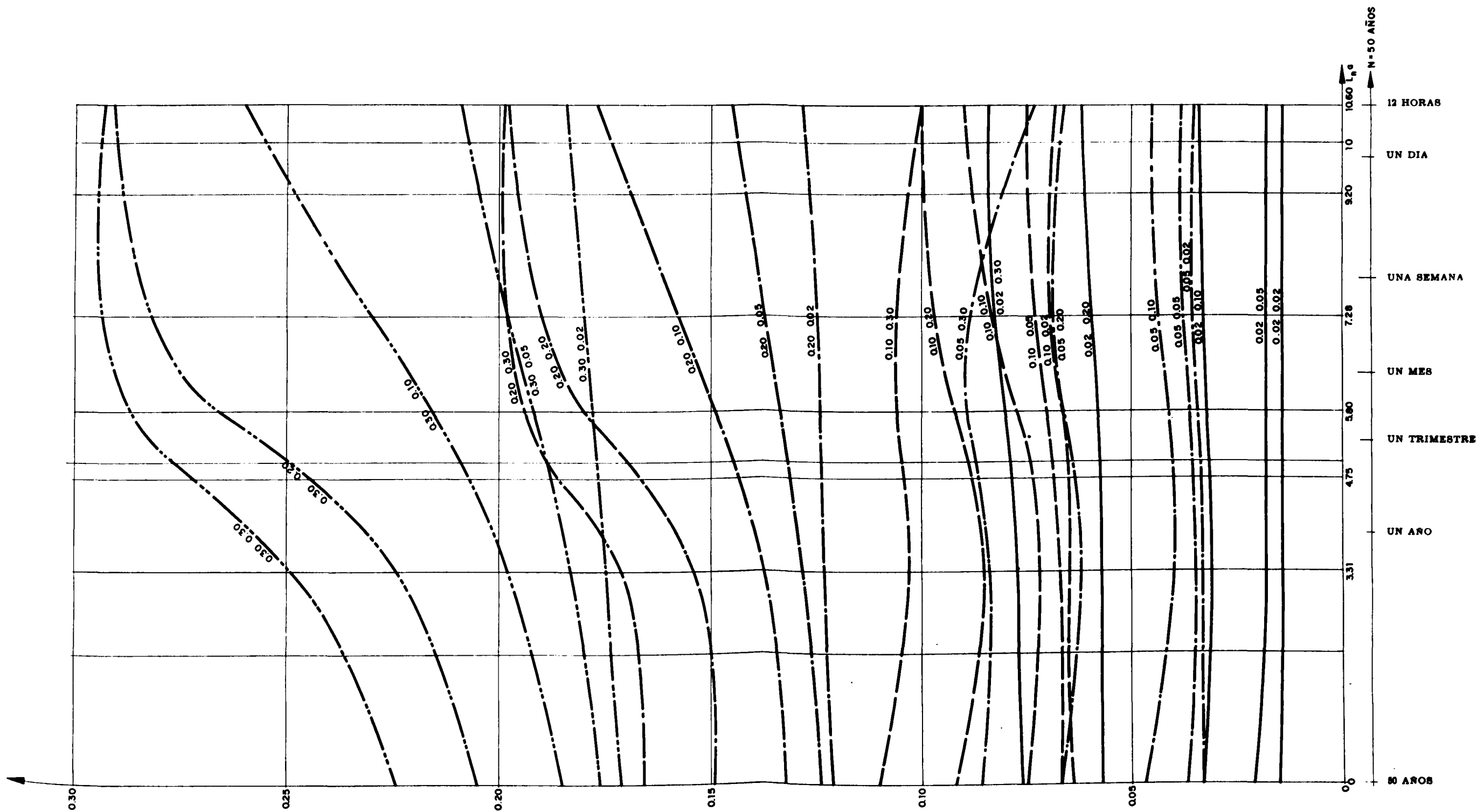
Característica = carga con 5 % de probabilidad de ser sobrepasada.

Dispersión = desviación típica/media.

Característica = media + desviación típica $\times 1,87$.

Una tiene una característica 50, y la otra, 100.

(0,07-0,02): Significa que la de 50 tiene 0,02 de dispersión y que la de 100 es de 0,07.



DISPERSION DE LA SUMA

5-21

Suma de dos cargas independientes de ley de valores extremos.

Característica de la suma.

Los máximos se superponen para N/a . La característica, definida para N .

Caso particular: $N = 50$ años.

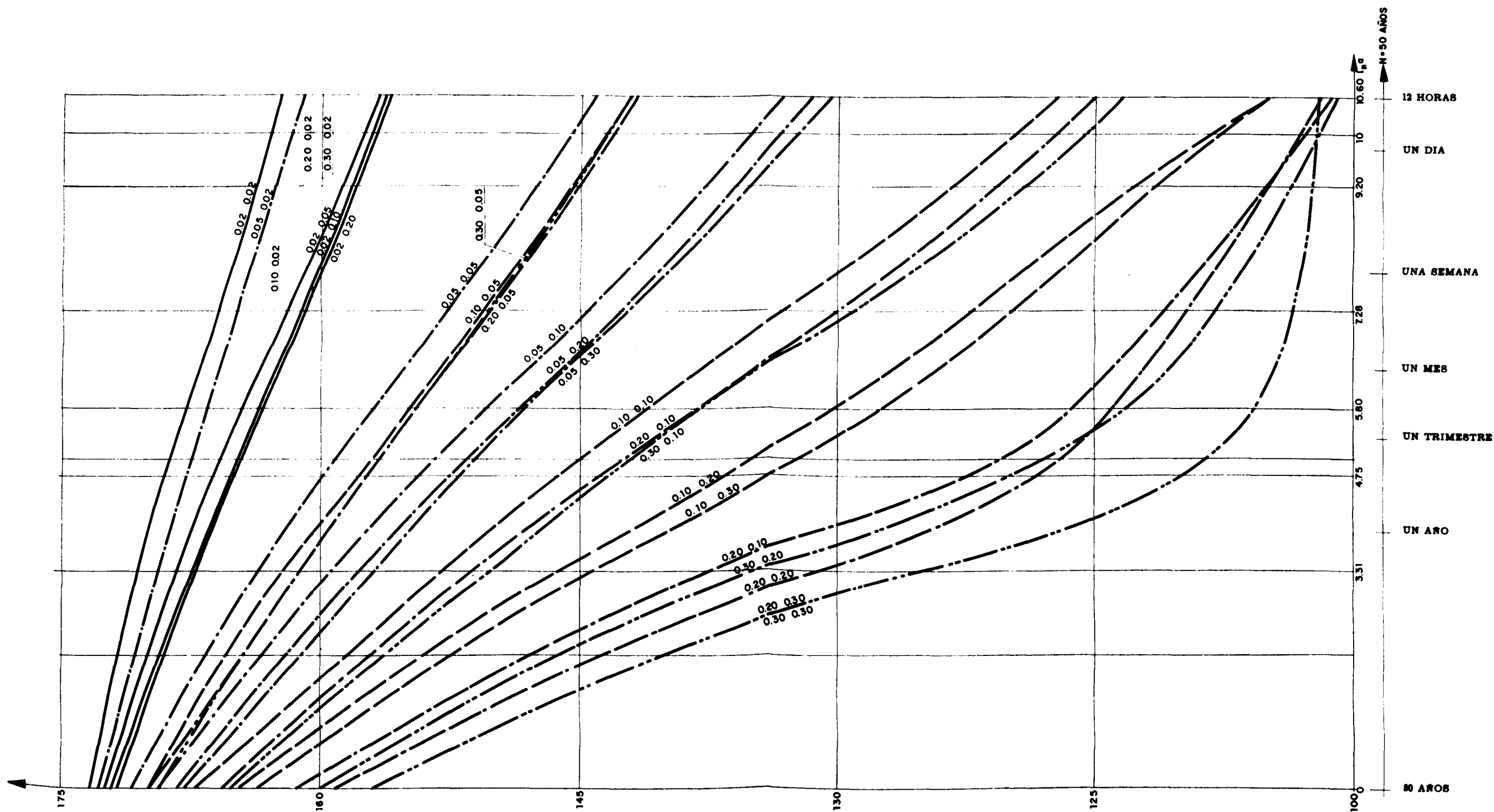
Característica = carga con 5 % de probabilidad de ser sobrepasada.

Dispersión = desviación típica/media.

Característica = media + desviación típica $\times 1,87$.

Una tiene característica 75, y la otra, 100.

(0,07-0,02): Significa que la de 75 tiene 0,02 de dispersión y que la de 100 es de 0,07.



CARACTERISTICA DE LA SUMA

5-22

Suma de dos cargas independientes de ley de valores extremos.

Dispersión de la suma.

Los máximos se superponen para N/a . La característica, definida para N .

Caso particular: $N = 50$ años.

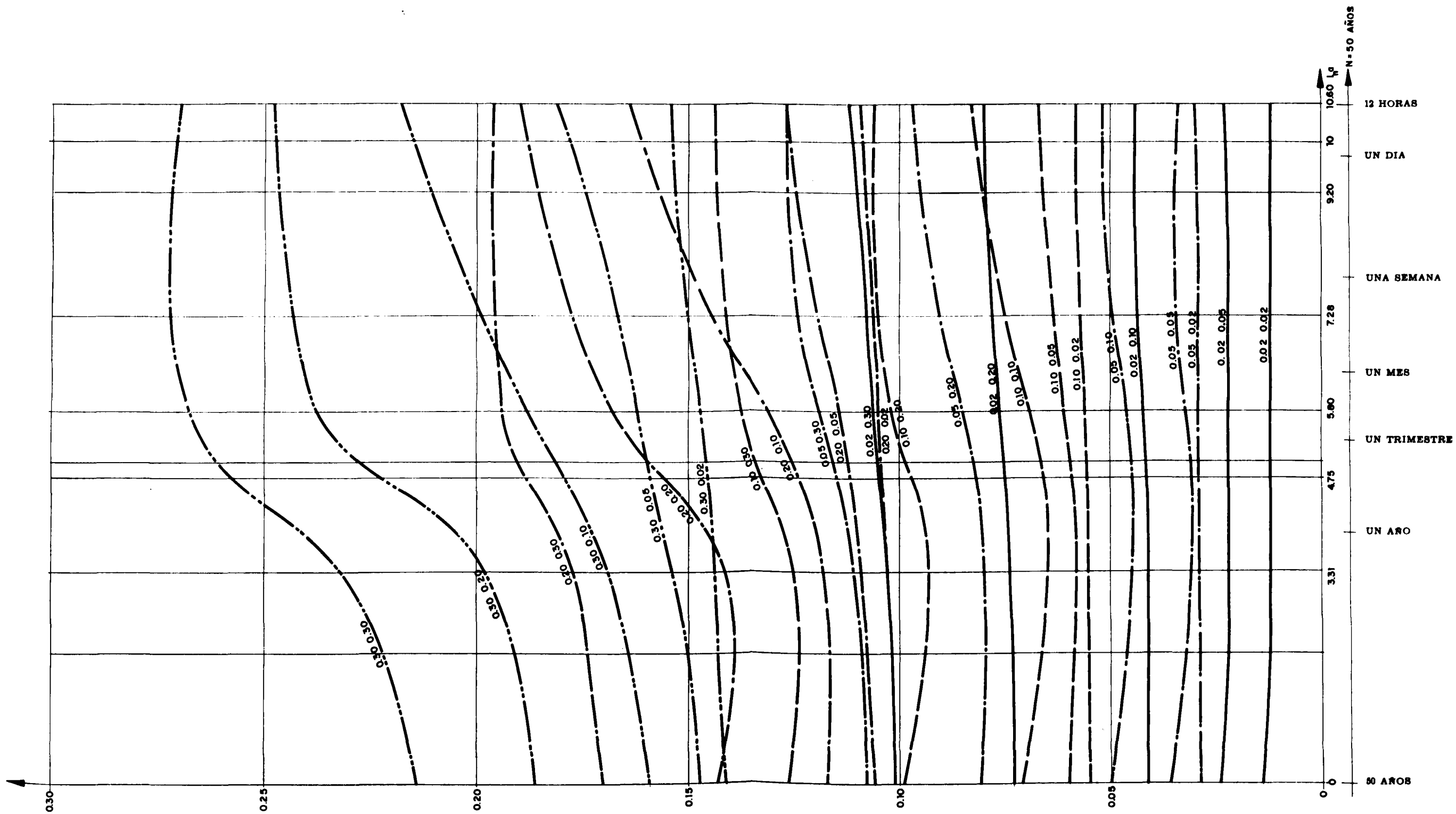
Característica = carga con 5 % de probabilidad de ser sobrepasada.

Dispersión = desviación típica/media.

Característica = media + desviación típica $\times 1,87$.

Una tiene característica 75, y la otra, 100.

(0,07-0,02): Significa que la de 75 tiene 0,02 de dispersión y que la de 100 es de 0,07.



DISPERSION DE LA SUMA

5-23

Suma de dos cargas independientes de ley de valores extremos.

Característica de la suma.

Los máximos se superponen para N/a . La característica, definida para N .

Caso particular: $N = 50$ años.

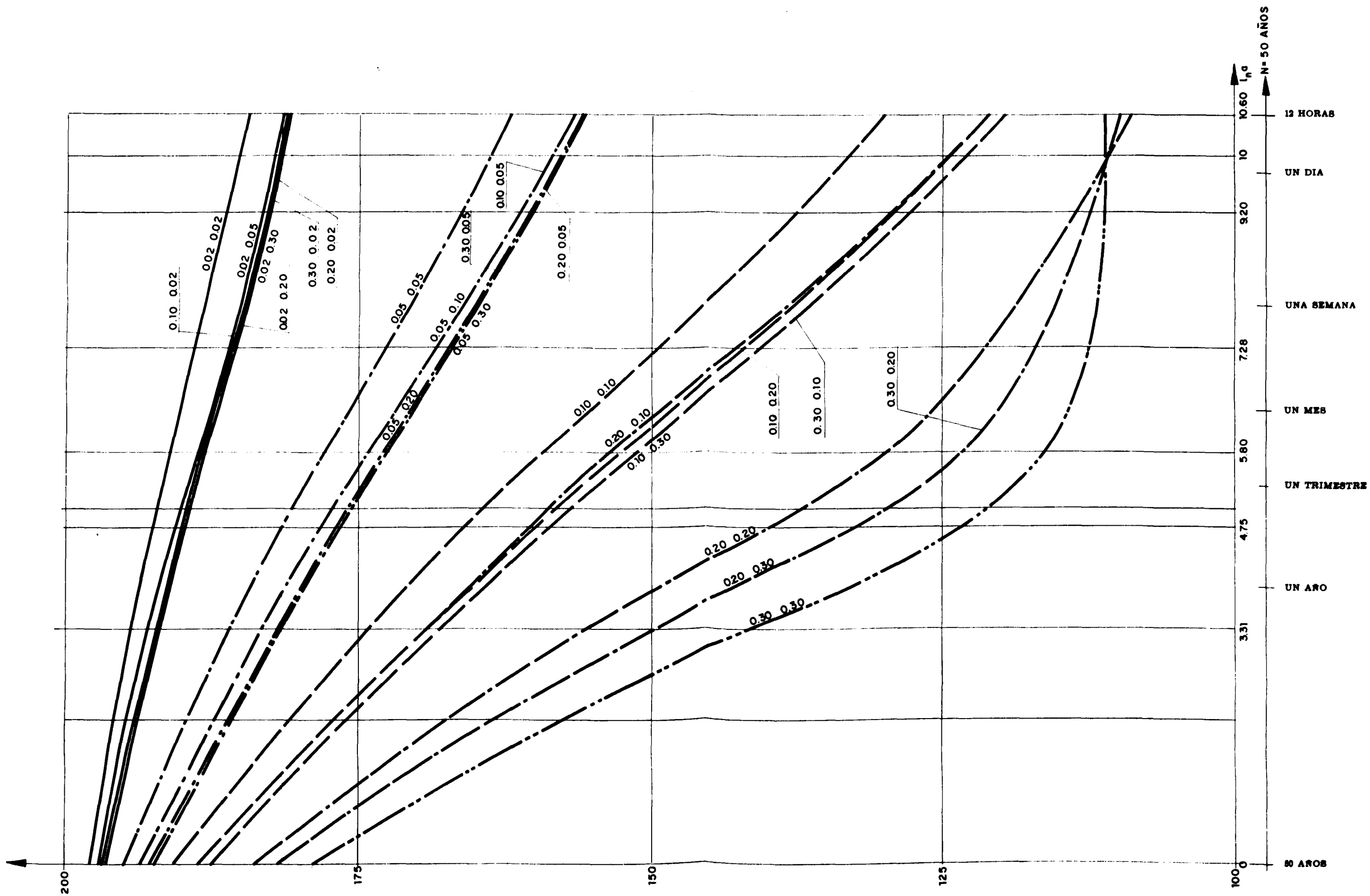
Característica = carga con 5 % de probabilidad de ser sobrepasada.

Dispersión = desviación típica/media.

Característica = media + desviación típica $\times 1,87$.

Ambas tienen característica 100.

(0,07-0,02): Indican las dispersiones de las dos cargas.



CARACTERISTICA DE LA SUMA

5-24

Suma de dos cargas independientes de ley de valores extremos.

Dispersión de la suma.

Los máximos se superponen para N/a . La característica, definida para N .

Caso particular: $N = 50$ años.

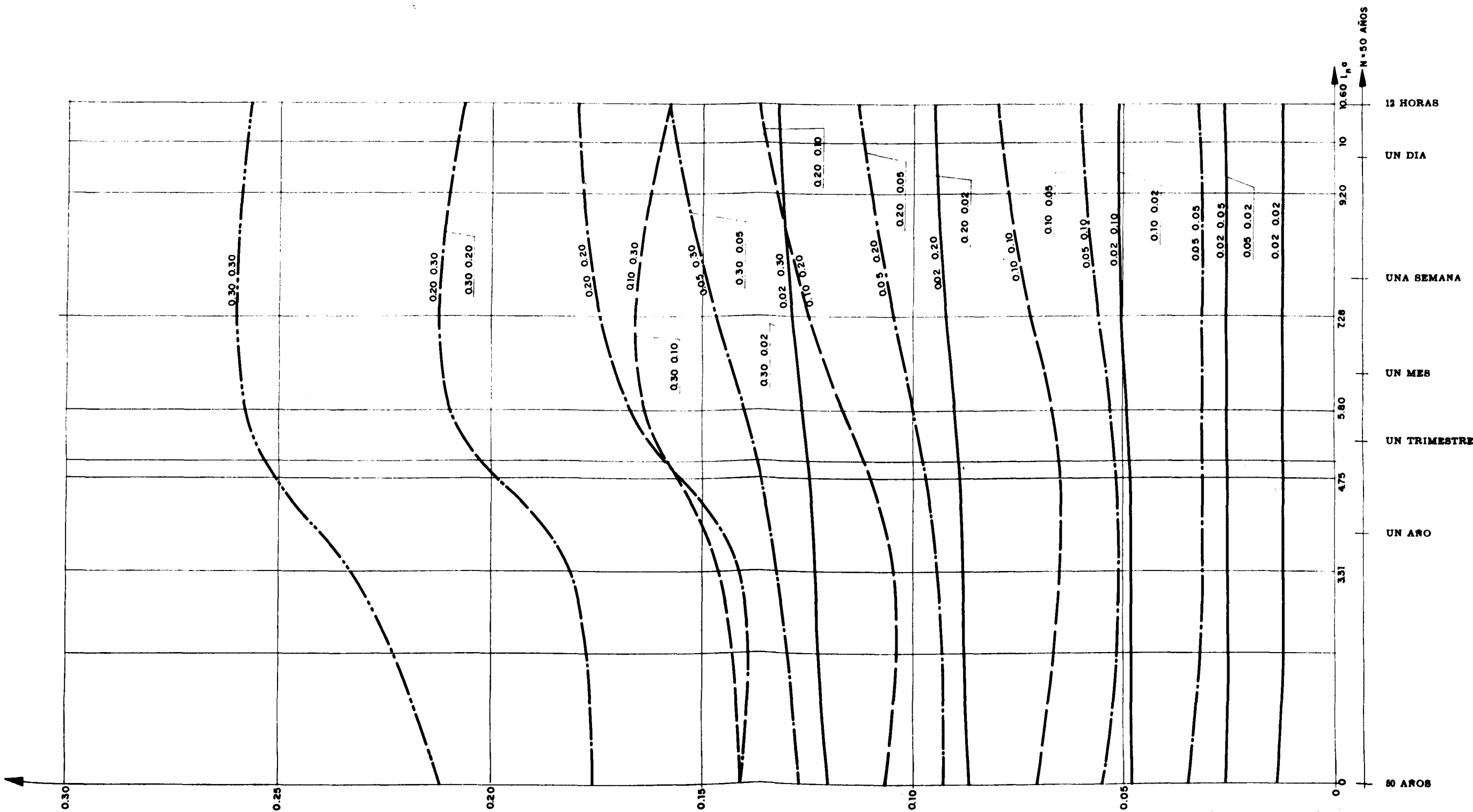
Característica = carga con 5 % de probabilidad de ser sobrepasada.

Dispersión = desviación típica/media.

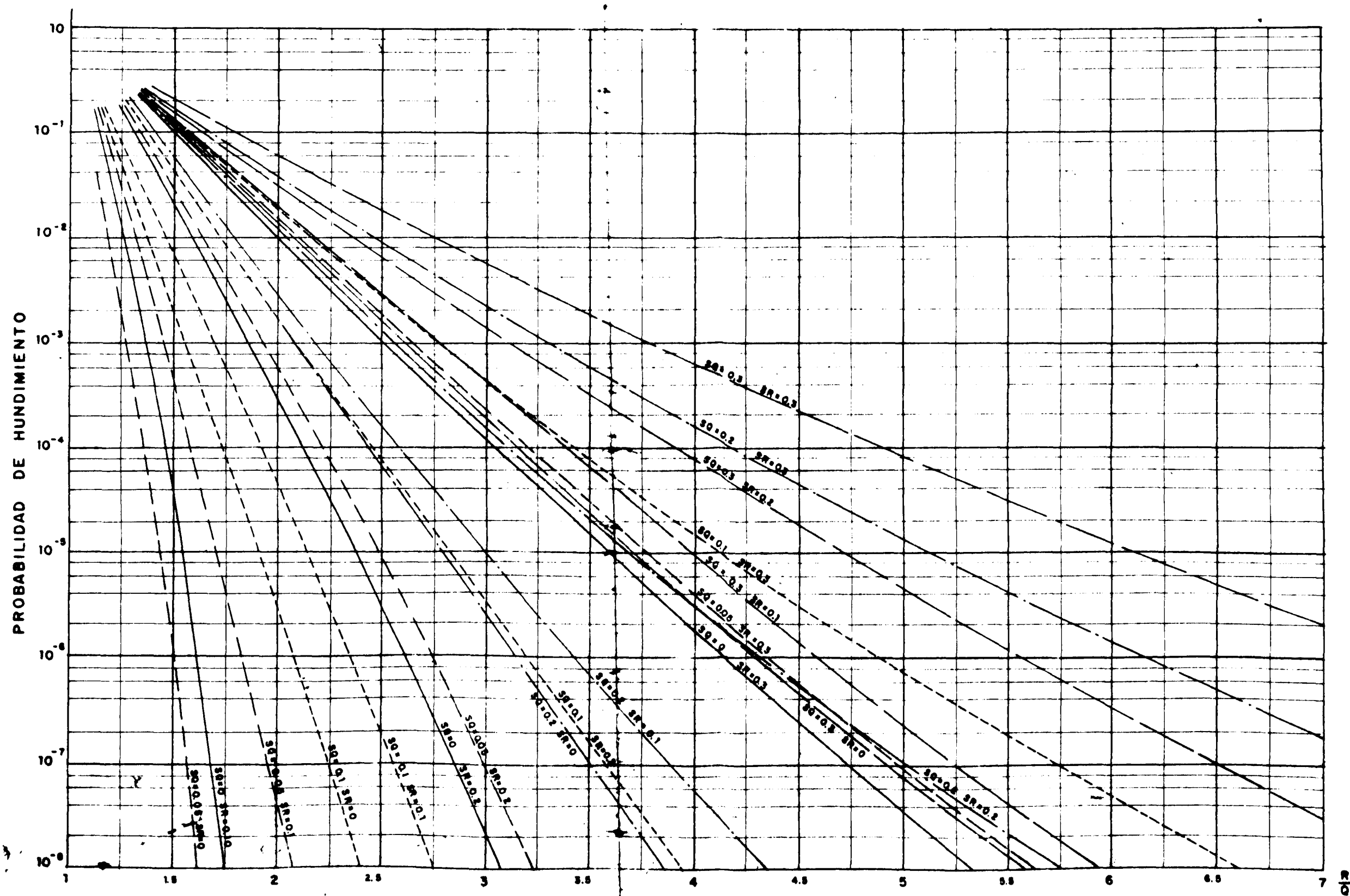
Característica = media + desviación típica $\times 1,87$.

Ambas tienen característica 100.

(0,07-0,02): Indican las dispersiones de las dos cargas.



DISPERSION DE LA SUMA



CARGAS: Ley de valores extremos de moda Q , $\sigma = SQ \cdot Q$

RESISTENCIAS: Su logaritmo natural es $N(\ln R, SR)$

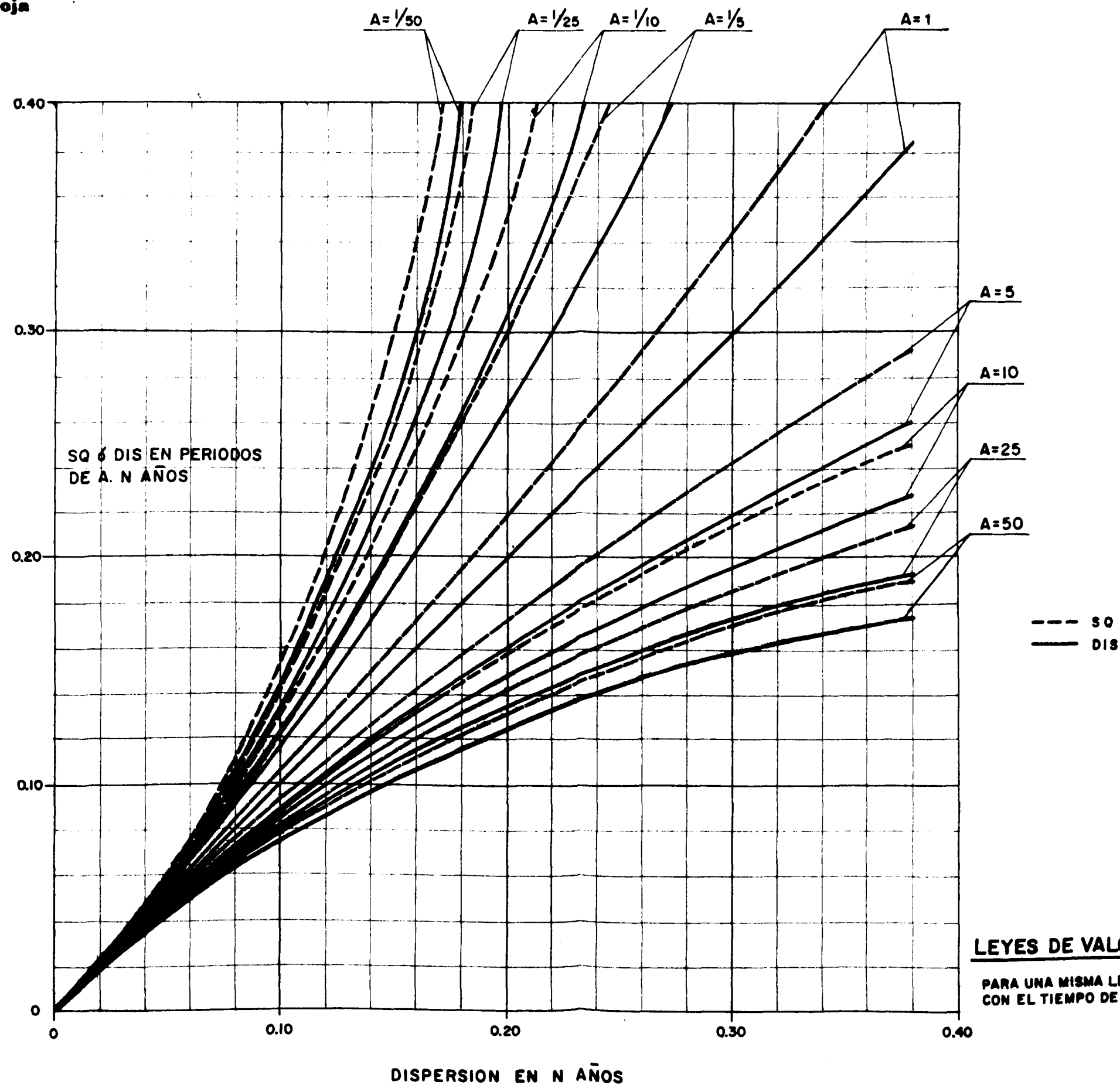


FIG. 5.36

LEYES DE VALORES EXTREMOS DE TIPO I

PARA UNA MISMA LEY $(G(S, N))$ VARIA DISPERSION Y SQ CON EL TIEMPO DE DEFINICION.

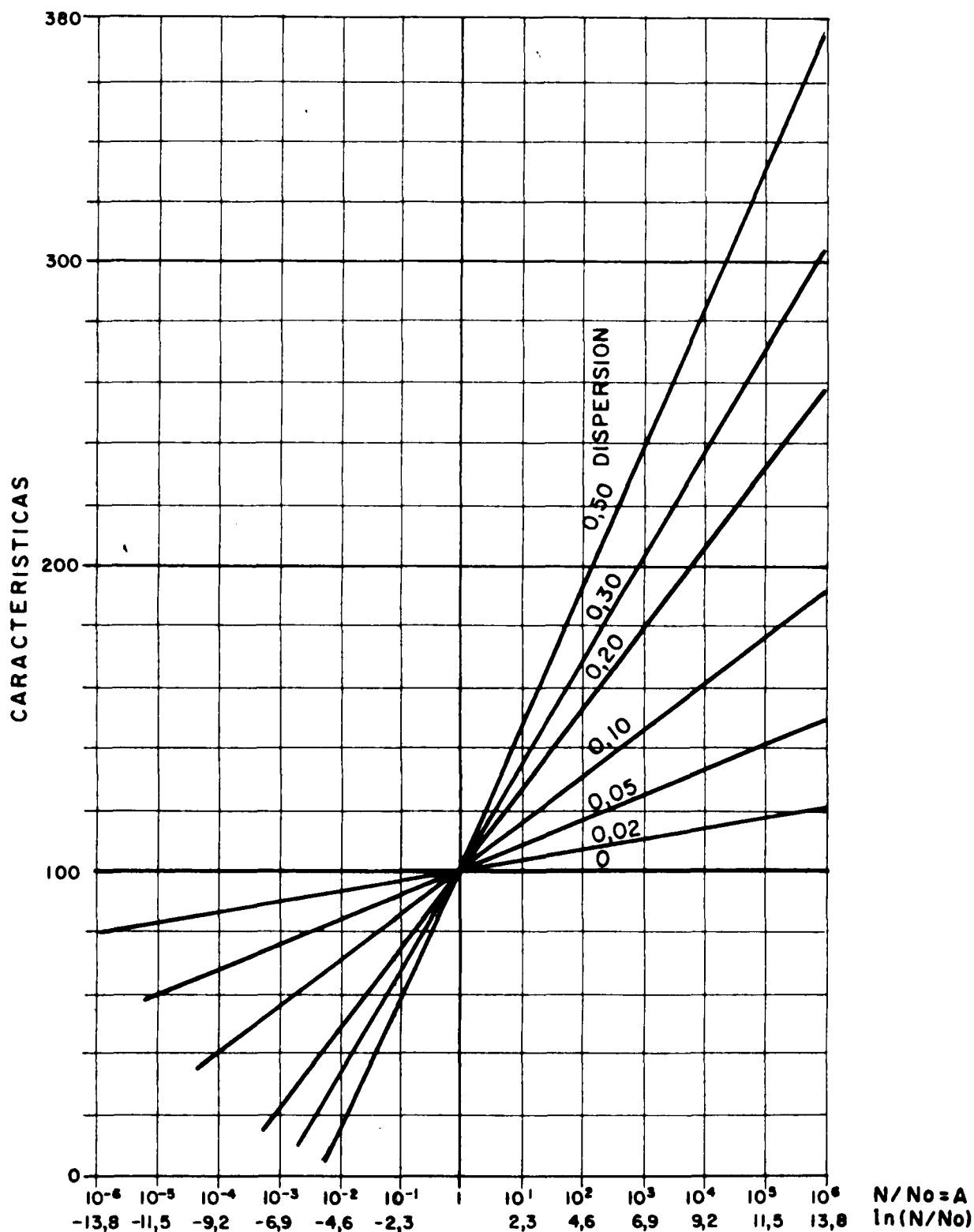
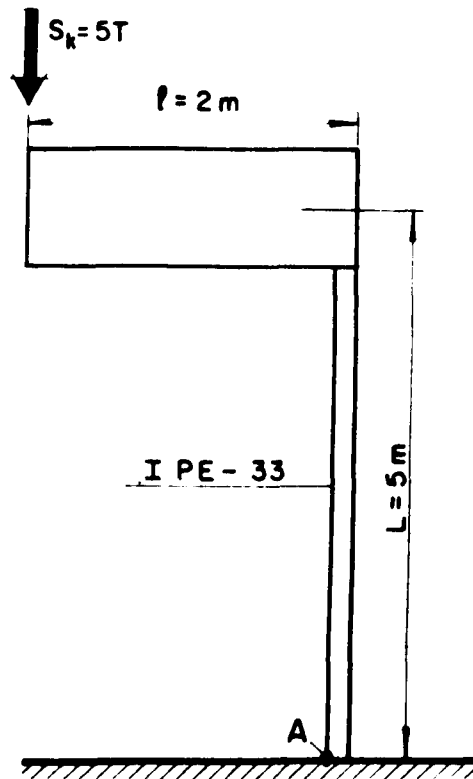


FIG. 5.37

LEYES DE VALORES EXTREMOS DE TIPO I

PARA UNA MISMA LEY $G(S, N)$ VARIA LA CARACTERISTICA (5 % DE PROBABILIDAD DE SER SOBREPASADA) AL MULTIPLICARSE EL PERIODO DE DEFINICION POR "A"
DISPERSION = DESVIACION TIPICA/MEDIA.



EN EL PUNTO A, FIBRA IZQUIERDA

$$E_r(6_k) = 6_k$$

$$Esf(S) = (l S / \cos(\sqrt{S/EI} l)) / W + \frac{S}{A}$$

$$6_k \text{ NECESARIA} = \gamma_m \text{ Esf}(S_{ki} \gamma_s)$$

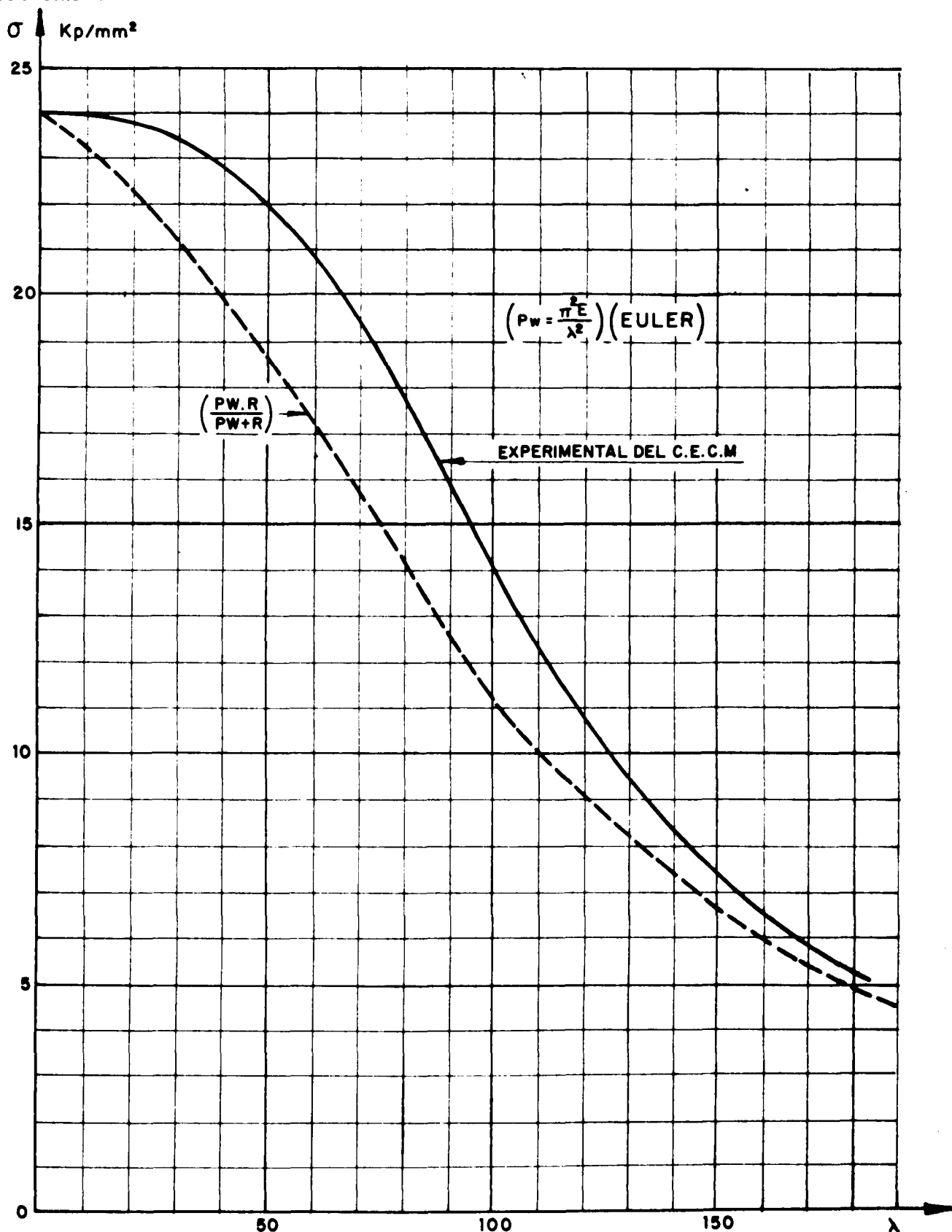
γ_s	γ_m	6_k NECESARIA
1,414	1	3,92 kg/cm ²
1,19	1,19	3,24 kg/cm ²
1	1,414	3,12 kg/cm ²

LOS ESFUERZOS SECUNDARIOS ACONSEJAN MAYORAR LAS CARGAS

$$W = 716 \text{ m}^3$$

$$A = 62,2 \text{ m}^2$$

FIG. 9-1

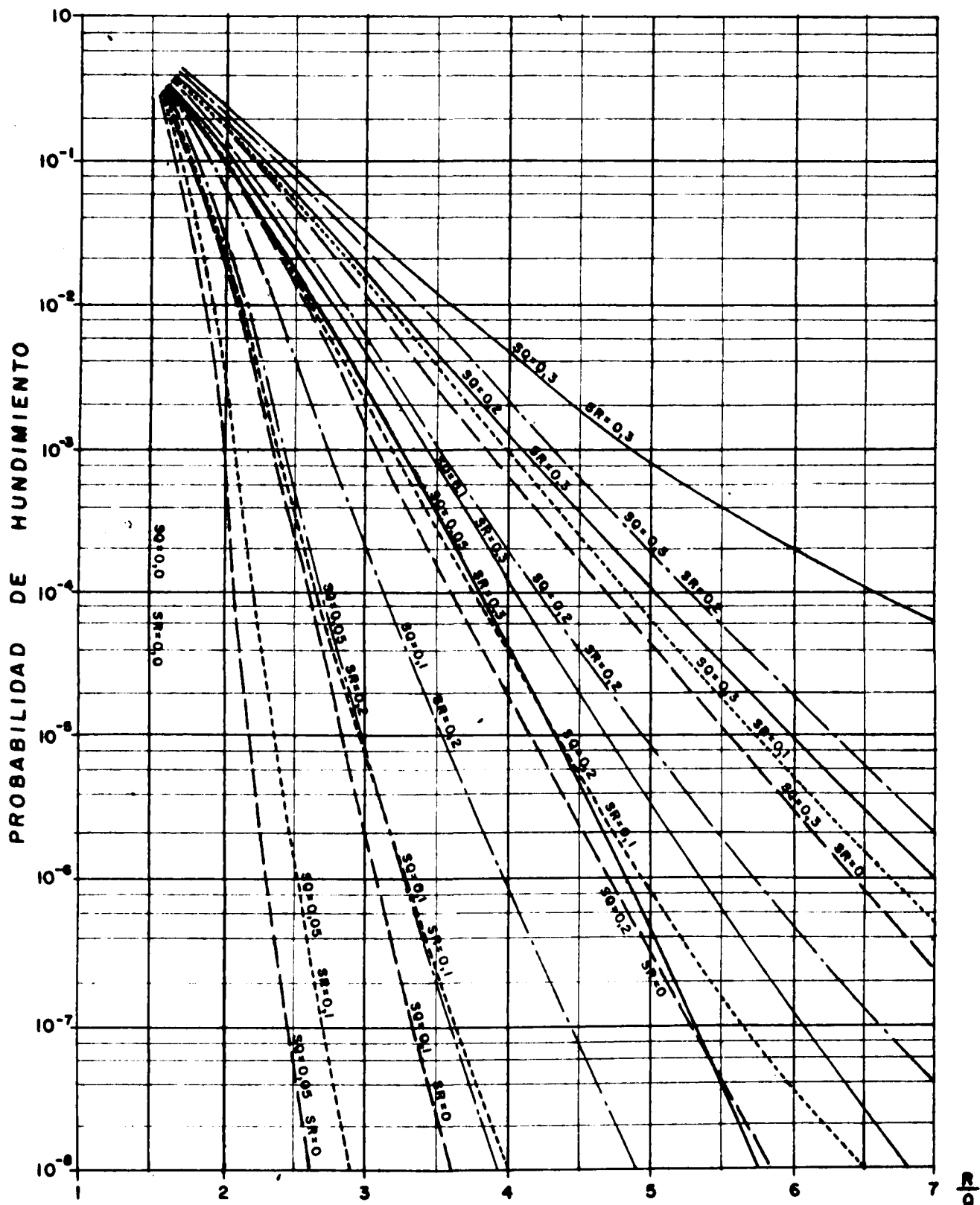


CURVA EXPERIMENTAL, C.E.C.M. COMPARADA CON
LA CURVA TEÓRICA EMPLEADA

FIG. 9.1

PROBABILIDAD DE HUNDIMIENTO DE UN ELEMENTO

CARGA DE PANDEO = $2\alpha R$



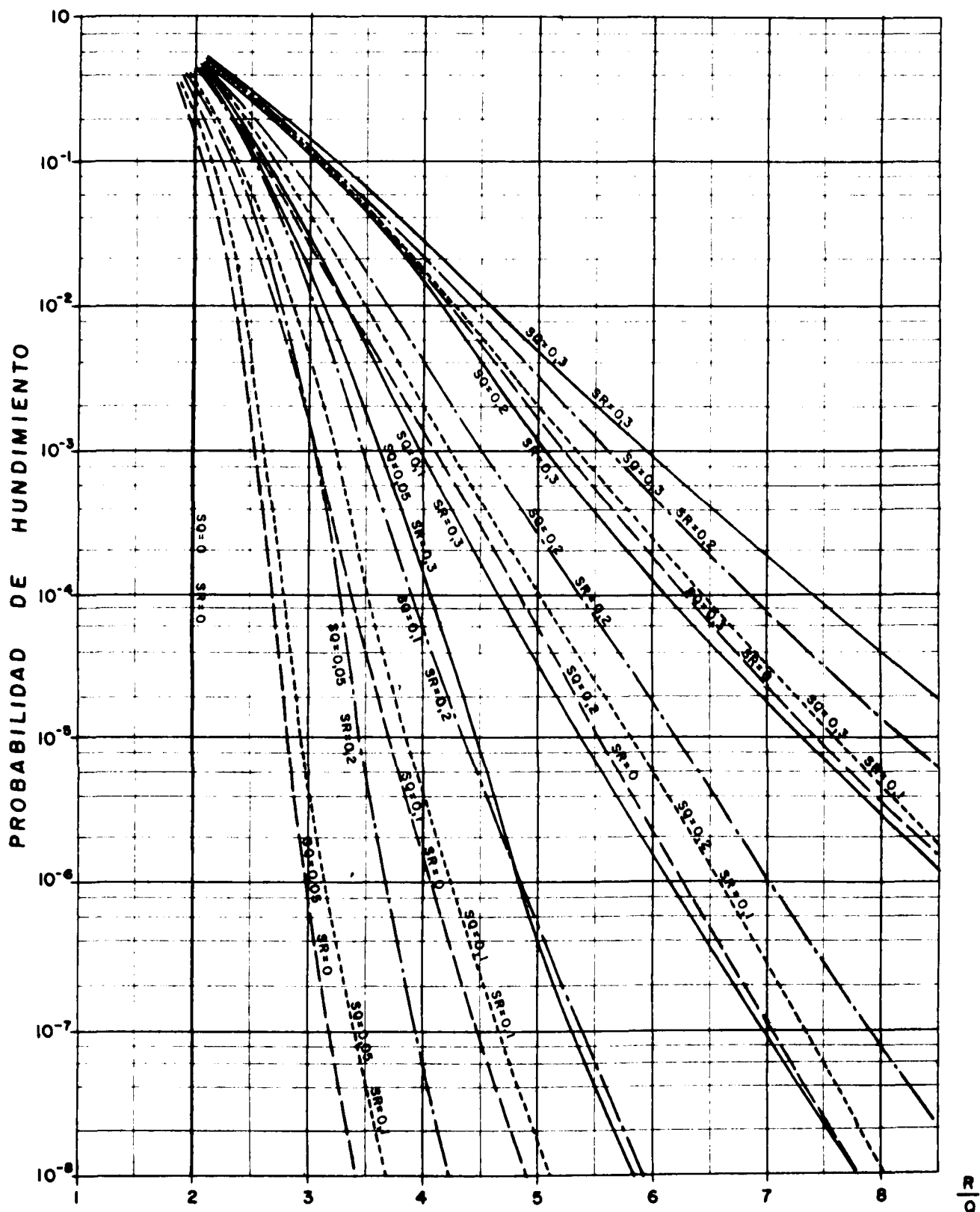
CARGAS: Ley de valores extremos de moda $Q, \sigma = S Q, Q$

RESISTENCIAS: Su logaritmo natural es $N(\ln R, SR)$

FIG. 9-3

PROBABILIDAD DE HUNDIMIENTO DE UN ELEMENTO

CARGA DE PANDEO = R



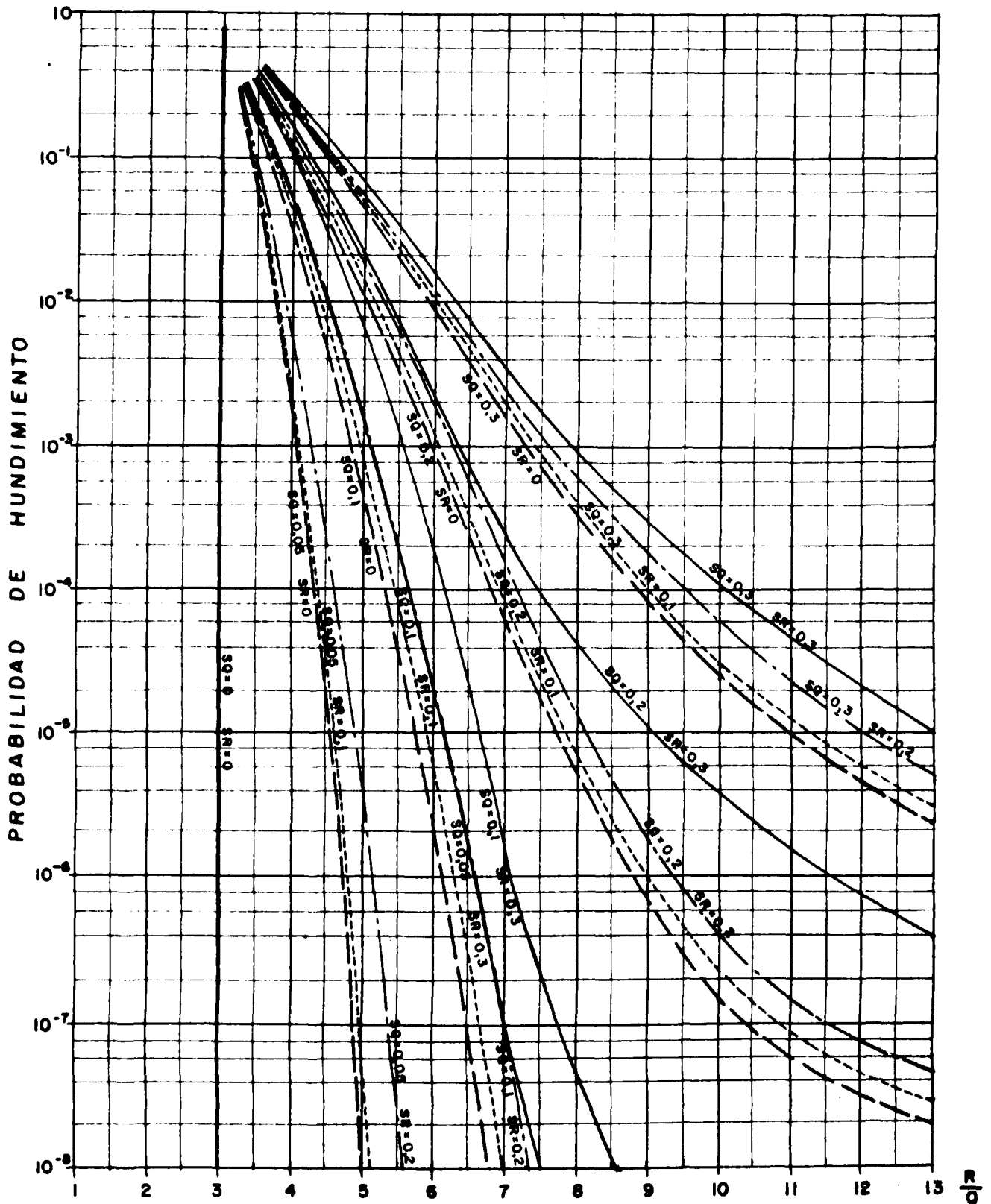
CARGAS: Ley de valores extremos de moda $Q, \sigma = SQ.Q$

RESISTENCIAS: Su logaritmo natural es $N(\ln R, SR)$

FIG. 9-4

PROBABILIDAD DE HUNDIMIENTO DE UN ELEMENTO

CARGA DE PANDEO = $R/2$



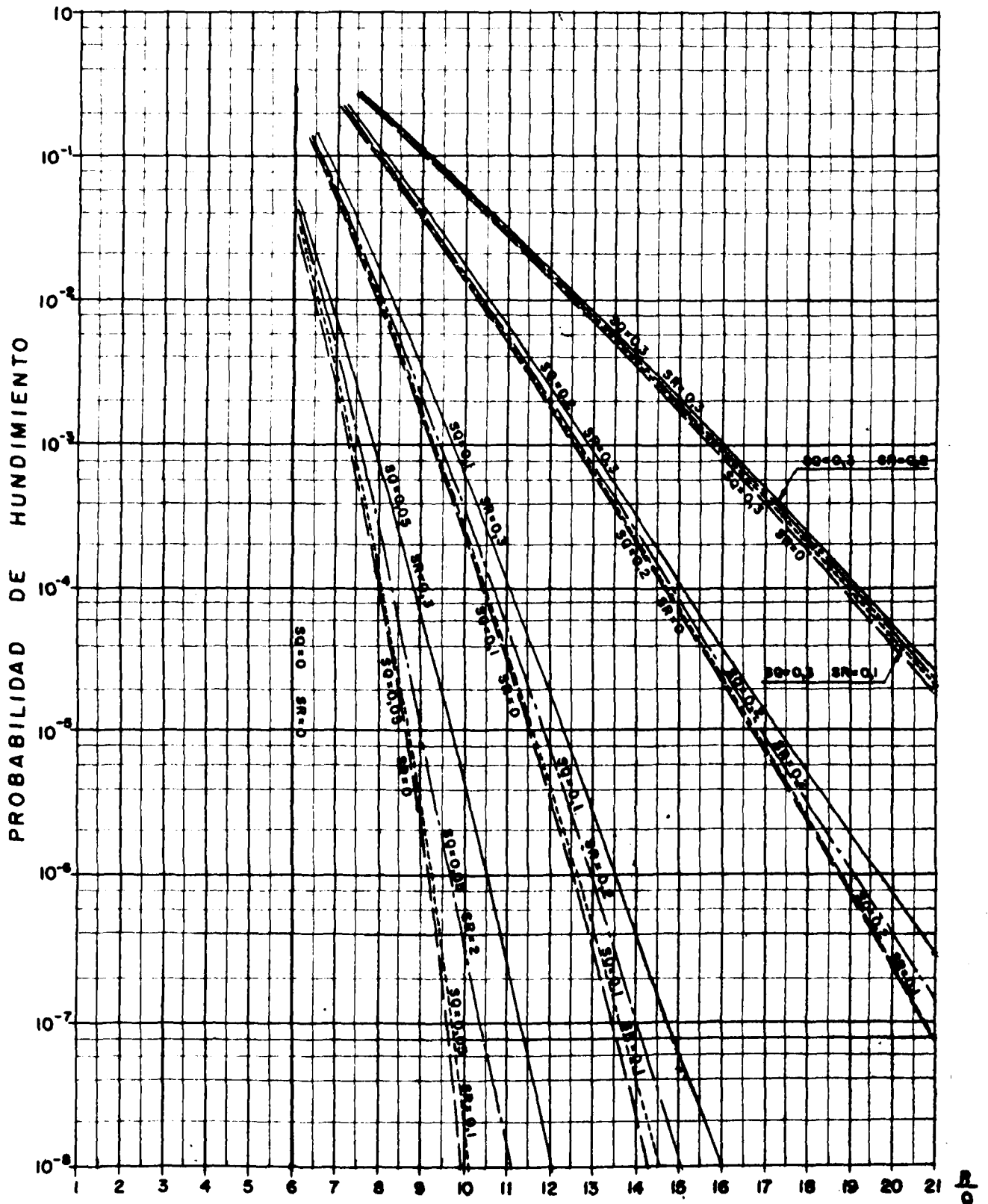
CARGAS: Ley de valores extremos de moda $Q, \sigma = SQ \cdot Q$

RESISTENCIAS: Su logaritmo natural es $N(\ln R, SR)$

FIG. 9-5

PROBABILIDAD DE HUNDIMIENTO DE UN ELEMENTO

CARGA DE PANDEO = $R/5$



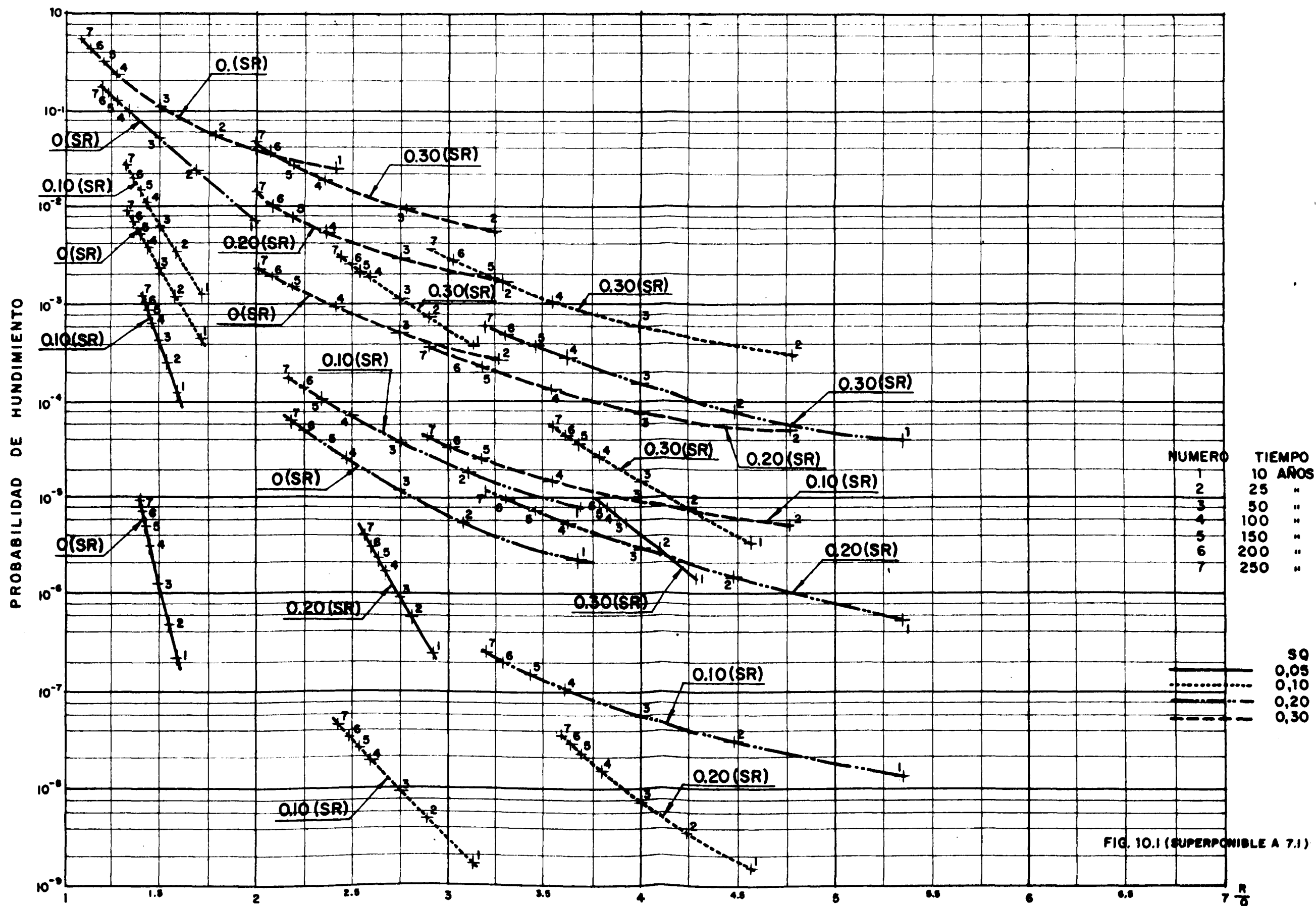
CARGAS: Ley de valores extremos de moda $Q, \sigma = SQ \cdot Q$

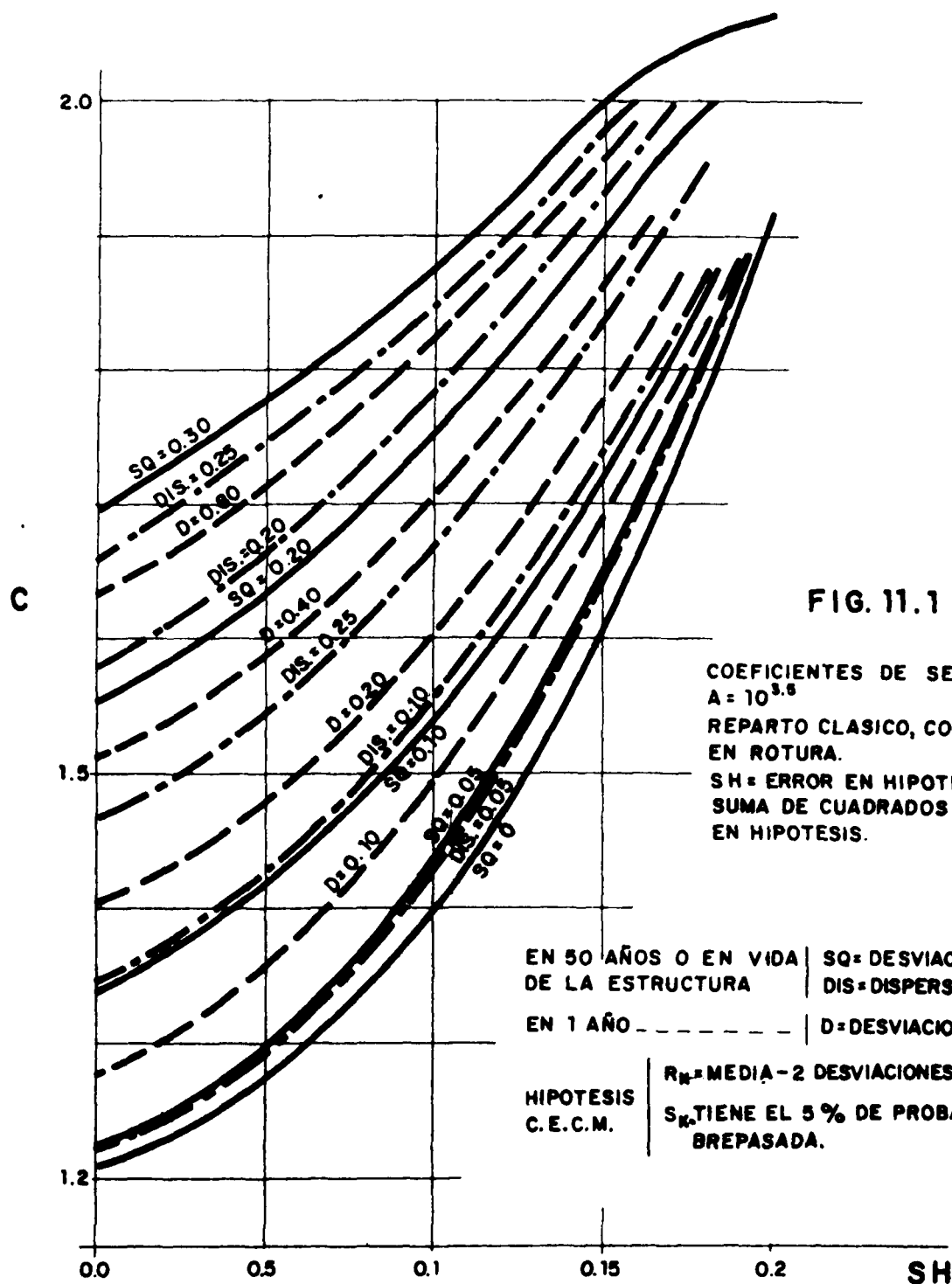
RESISTENCIAS: Su logaritmo natural es $N(\ln R, SR)$

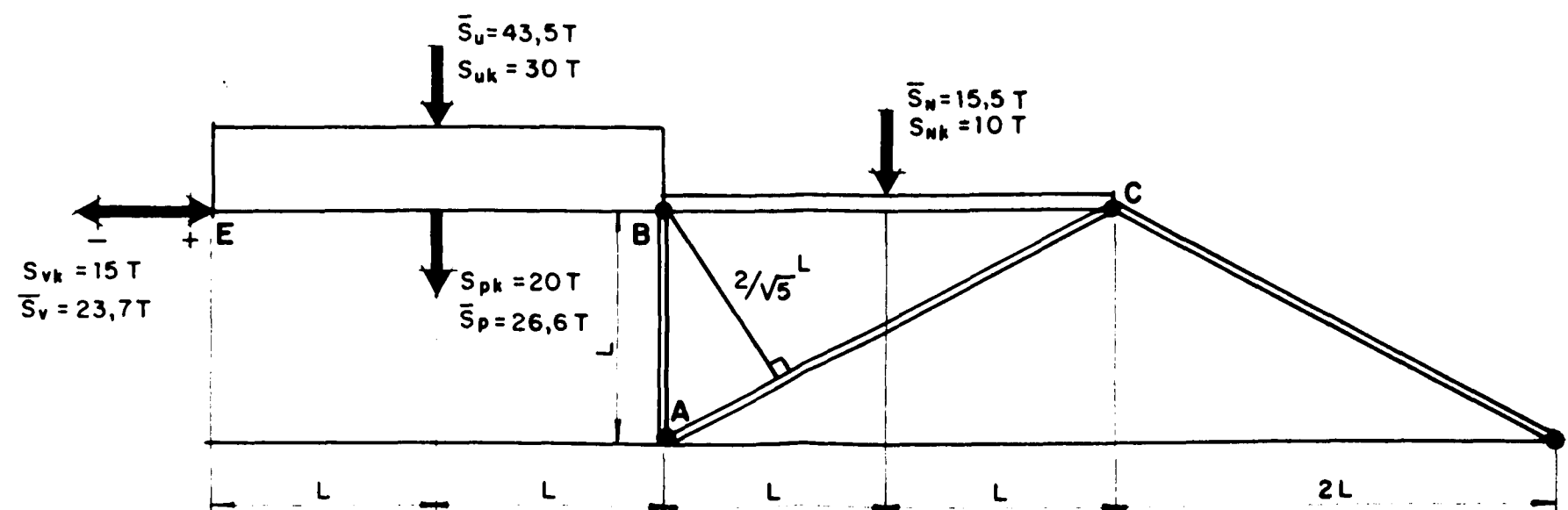
FIG. 9-6

INCREMENTO DE LA PROBABILIDAD DE RUINA CON EL TIEMPO

CARGAS: LEY DE VALORES EXTREMOS DE TIPO I, MODA Q, DESVIACION TIPICA Q.SQ EN 50 AÑOS
RESISTENCIAS Y ERRORES DE HIPOTESIS: LEY log. NORMAL DE $\ln N$ ($\ln R$, RS)







C _i	COEFICIENTE REDUCCION		CARGAS ALEATORIAS		
	TIPO DE CARGA	INICIAL	COEFICIENTE REDUCTOR r _i	DISPERSION ALEATORIA	C _i · r _i
		i	r _i = 1/(1+5Dis)	Dis	1
1,55	NIEVE	N	0,6666	0,10	1,033
1,58	VIENTO	V	0,625	0,12	1
1,33	PERMANENTE	P	NO SE REDUCE		
1	PERMANENTE FAVORABLE	P _f	NO SE REDUCE		
1,45	USO	U	0,8333	0,04	1,21

A B	Q _{ij} · S _{ik}	Q _{ij} · S _{ik} r _i	
TIPO DE CARGA	TENSION DE CALCULO	TENSION REDUCIDA	
NIEVE	-7,75	-5,166	
VIENTO	0	0	
USO	-65,25	-54,375	
P	-39,9	NO SE REDUCE	
P _f	-30	REDUCE	
PEOR +	-30	-30	NO SE INVIERTE P _f
PEOR -	-112,90	-109,316	-P - N·r _N - U
ENSAYOS		SUMA	SIMBOLO SUMA
		62,125	N + U·r _U
PEOR		70,416	N·r _N + U
		73	N + U

A C	Q _{ij} · S _{ik}	Q _{ij} · S _{ik} r _i	
TIPO DE CARGA	TENSION DE CALCULO	TENSION REDUCIDA	
NIEVE	-8,665	-5,776	
VIENTO	±13,249	±8,385	
USO	24,317	20,264	
P	14,870	NO SE REDUCE	
P _f	11,180	REDUCE	
PEOR +	52,436	48,383	P + V + U·r _U
PEOR -	-10,734	-7,845	(-V - N·r _N + P _f)
ENSAYOS		SUMA	SIMBOLO SUMA
		17,05	N + V·r _V
		19,050	N·r _N + V
		21,914	N + V
		33,513	U·r _U + V
		32,702	V·r _V + U
POSITIVAS		37,566	V + U

C D	Q _{ij} · S _{ik}	Q _{ij} · S _{ik} r _i	
TIPO DE CARGA	TENSION DE CALCULO	TENSION REDUCIDA	
NIEVE	-8,665	-5,776	
VIENTO	±13,249	±8,385	
USO	24,317	20,264	
P	14,870	NO SE REDUCE	
P _f	11,180	REDUCE	
PEOR +	52,436	48,383	P + V + U·r _U
PEOR -	-10,743	-7,845	P _f - V - N·r _N
SI PONEMOS P EN EN VEZ DE P _f		-4,155	ERROR GRAVE
ENSAYOS		SUMA	SIMBOLO SUMA
		19,025	V + N·r _N
		17,050	V·r _V + N
		21,914	V + N
		33,513	V + U·r _U
		32,702	V·r _V + U
POSITIVAS		37,566	V + U

REGLAS

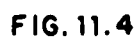
EN LAS SUMAS PESIMAS SE TOMA LA PEOR SUMA DE N, U, V, MINORANDO POR LOS COEFICIENTES REDUCTORES DOS DE ELLO.
EN LAS SUMAS PESIMAS, SE PONE P MAYORADO O NO (P_f), SEGUN SEA MAS DESFAVORABLE.
ENCUADRADAS ESTAN LAS TENSIONES PARA DIMENSIONAR.

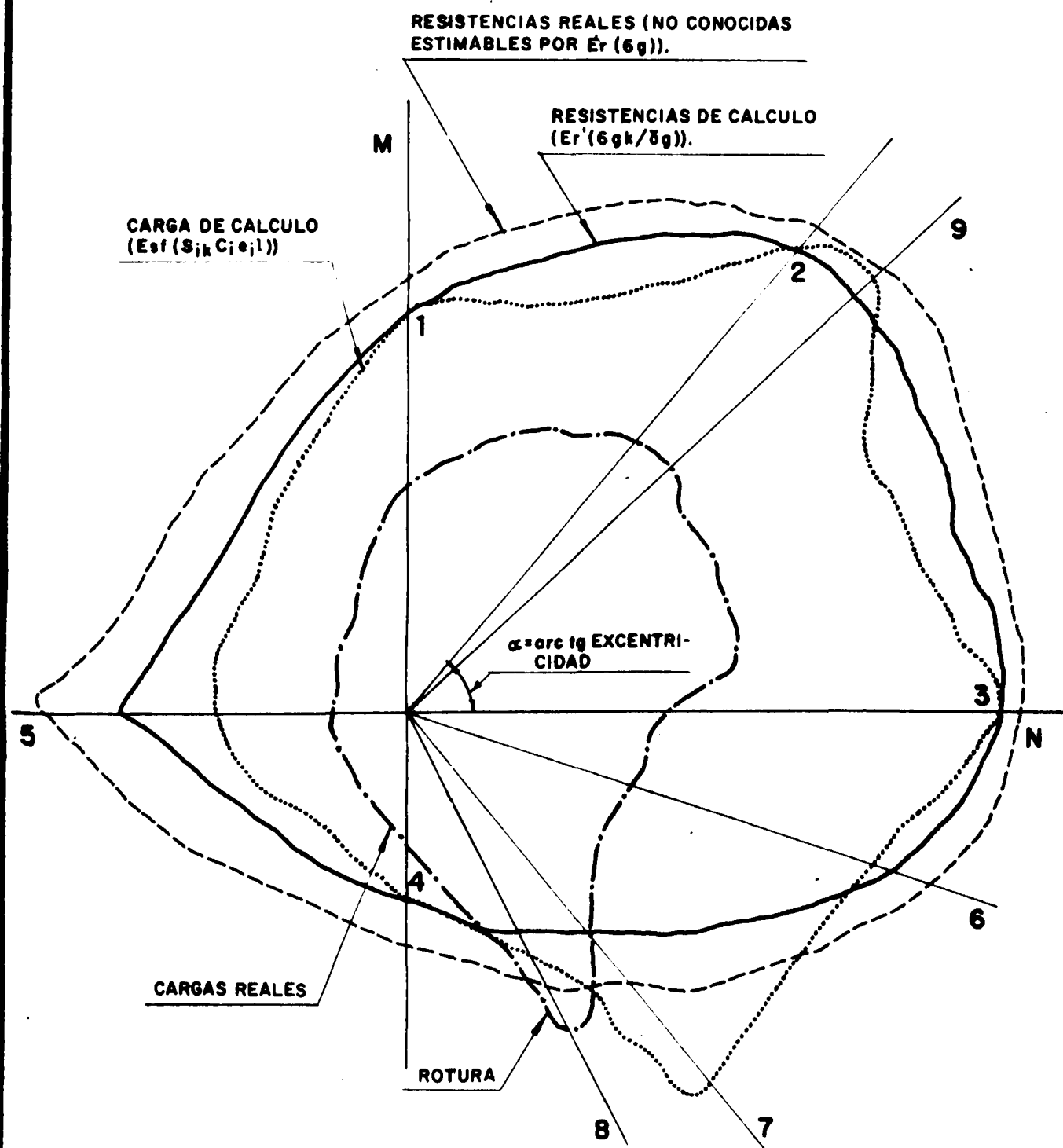
C_i = COEFICIENTE MAYORADOR DE CARGAS = γ_s
N, U, V, P = ESFUERZO ABSOLUTO DE CALCULO DEBIDO A LA CARGA DE NIEVE, USO, VIENTO PERMANENTE EN LA PIEZA CORRESPONDIENTE.
S_{ik} = CARGA CARACTERISTICA. \bar{S} = CARGA DE CALCULO = C_i · S_{ik}

EJEMPLO DE APLICACION DE LAS TEORIAS PROBABILISTAS. - A, B, C, D SON ROTULAS.

E, B, C ES UNA VIGA RIGIDA + TRACCION - COMPRESION

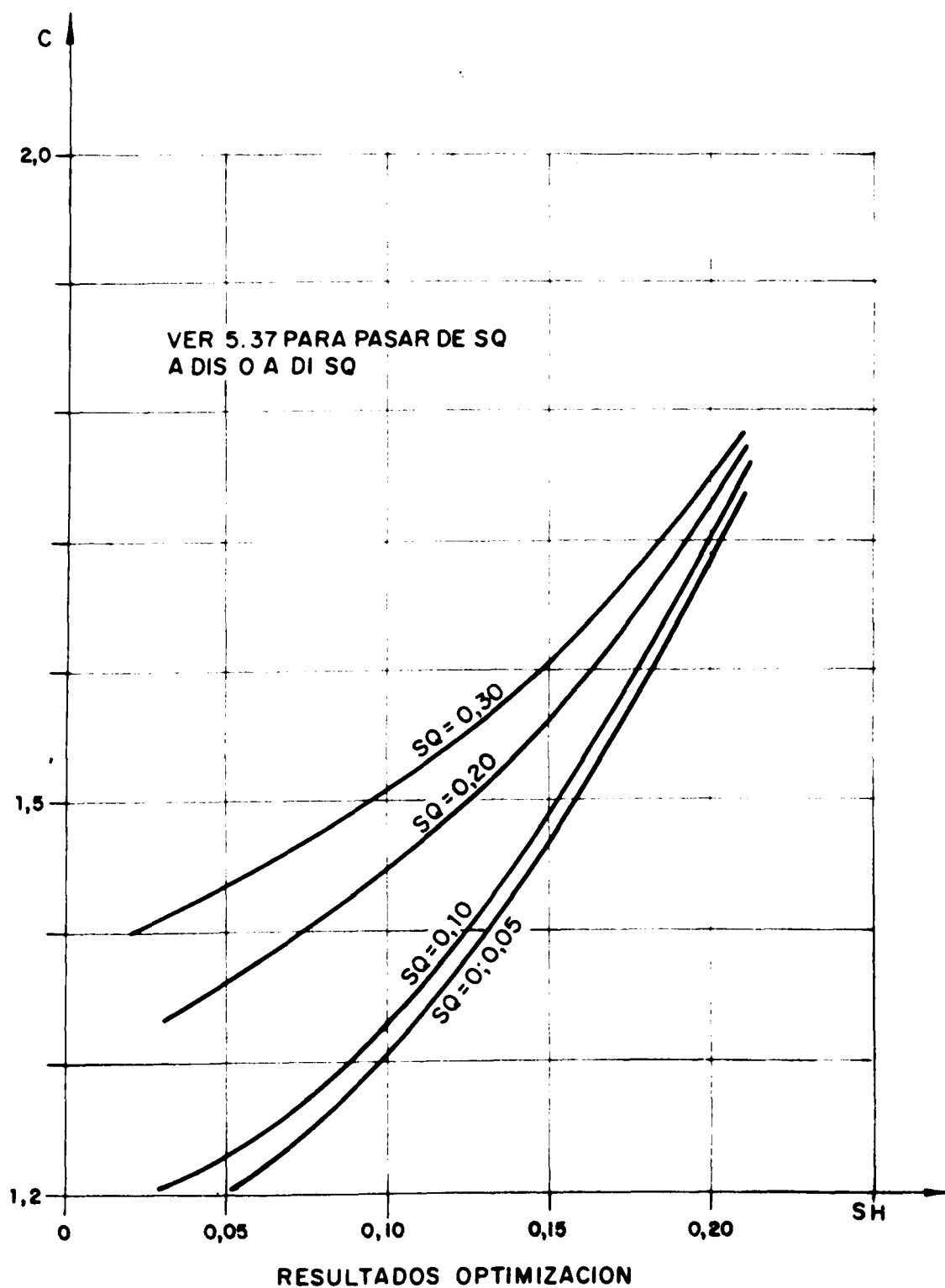
FIG. 11.2





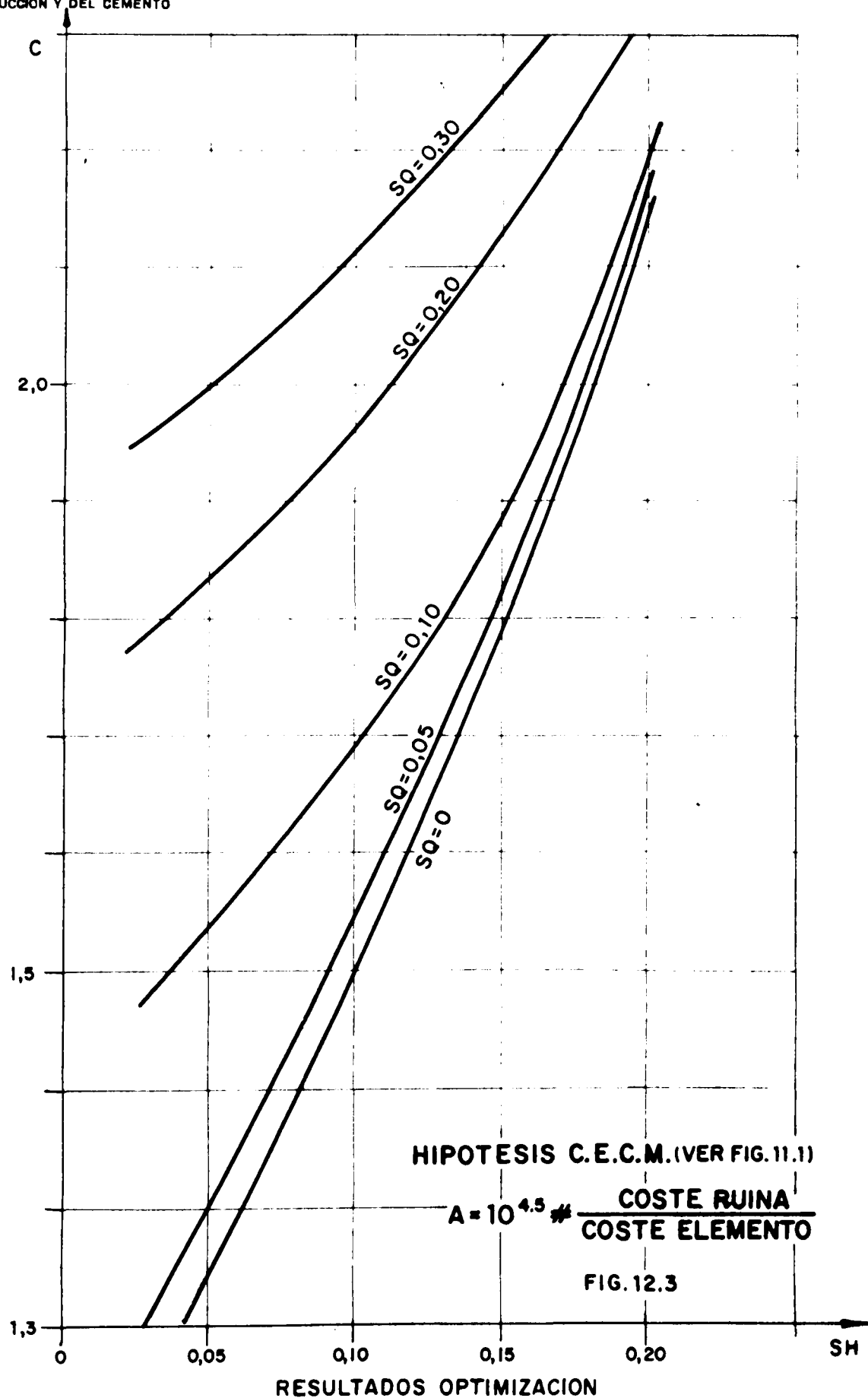
UNA SECCION SE DIMENSIONA PARA EXCENTRICIDADES 1, 2, 3 Y 4, SE COM-
PRUEBA PARA 5 Y 6, NO PARA 7 DONDE ES PELIGROSO Y SE ROMPE DE-
BIDO A CARGAS SEGUN EXCENTRICIDAD 8.
EN 9 EL ERROR ES PEQUEÑO

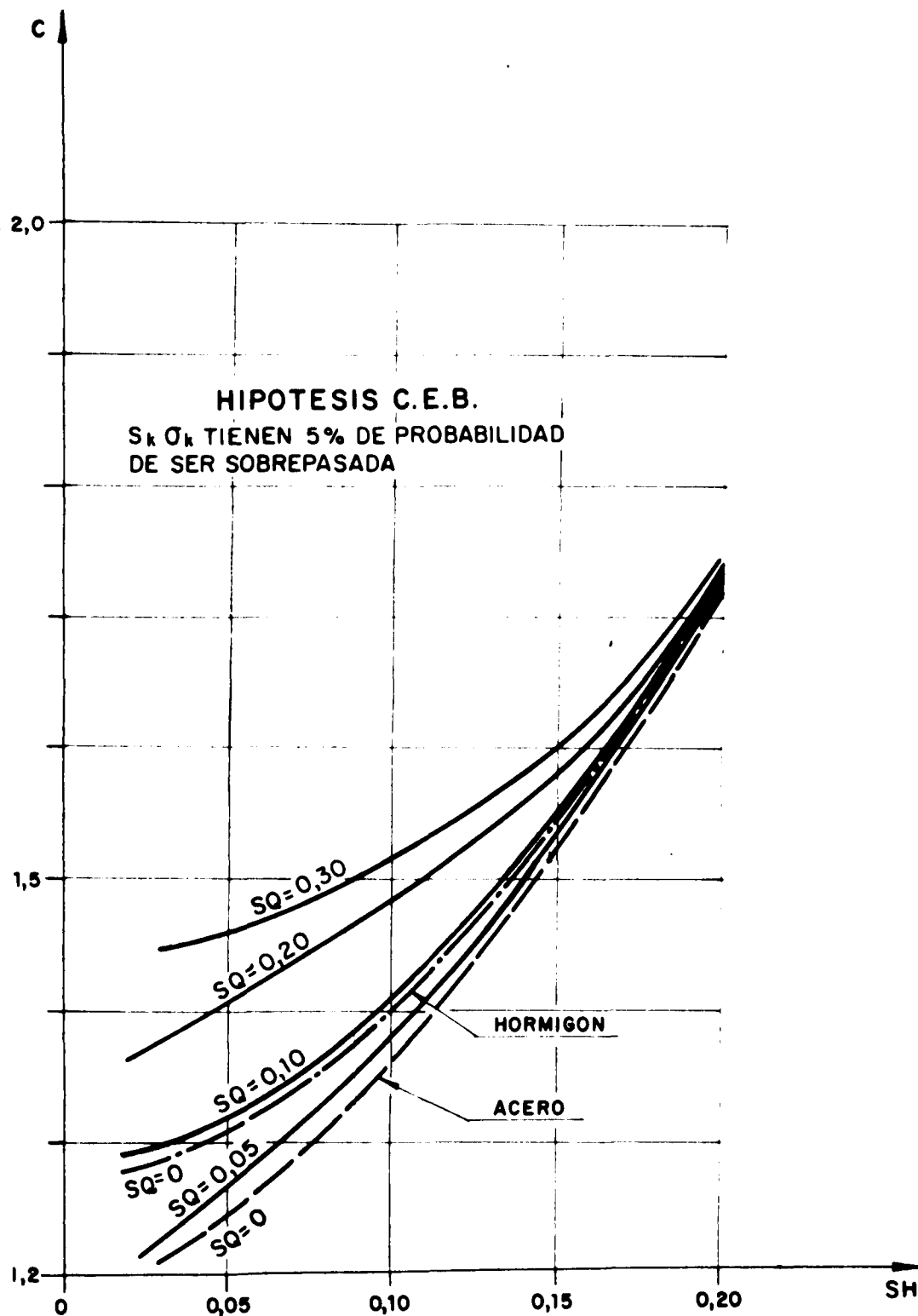
FIG. 12.1



HIPOTESIS C.E.C.M. (VER FIG. 11.1)
 $A = 10^{2.5} \cdot \frac{\text{COSTE RUINA}}{\text{COSTE ELEMENTO}}$

FIG. 12.2



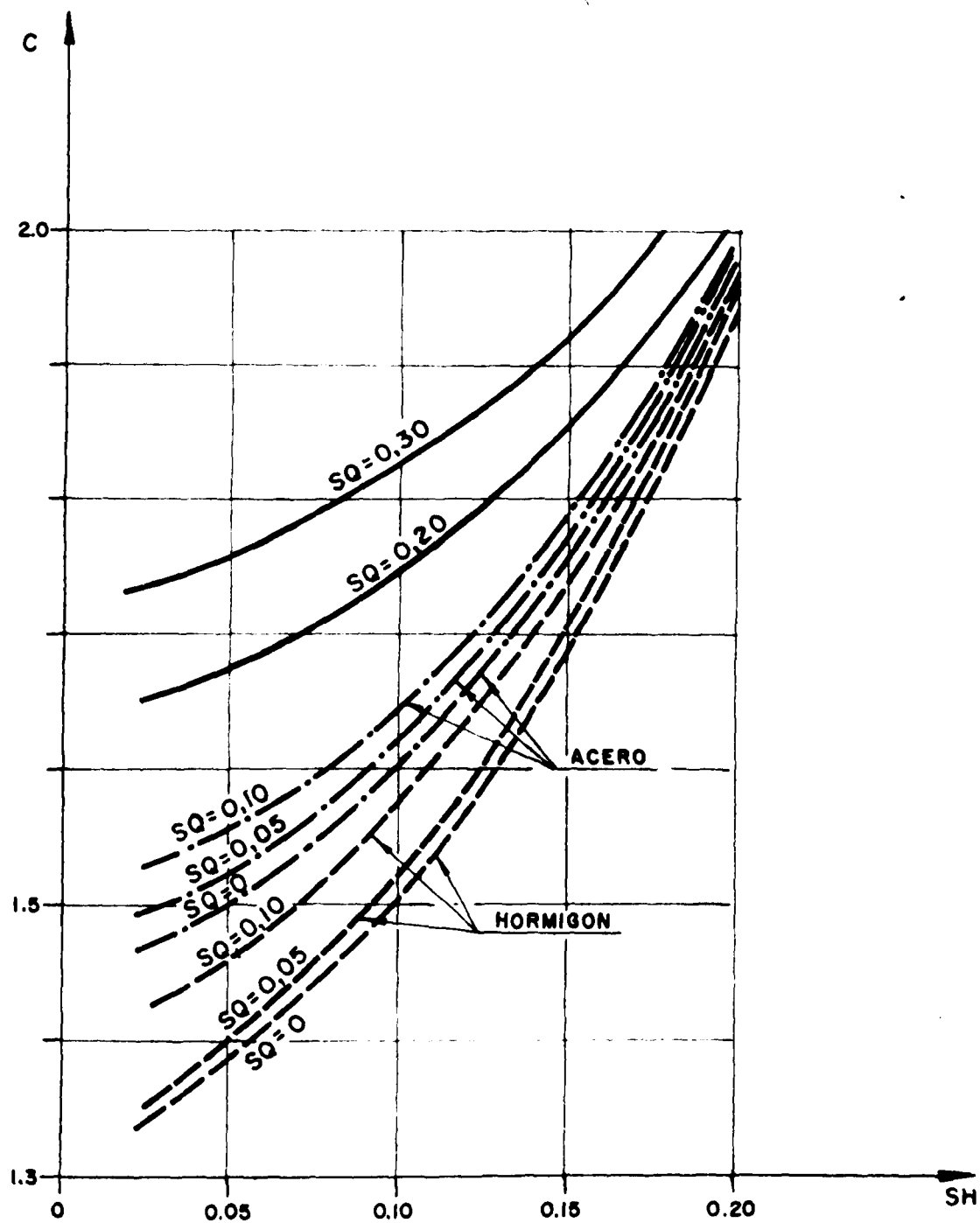


RESULTADOS OPTIMIZACION

HIPOTESIS C.E.B.

$$A = 10^{2.5} \# \frac{\text{COSTE RUINA}}{\text{COSTE ELEMENTO}}$$

FIG 12.4

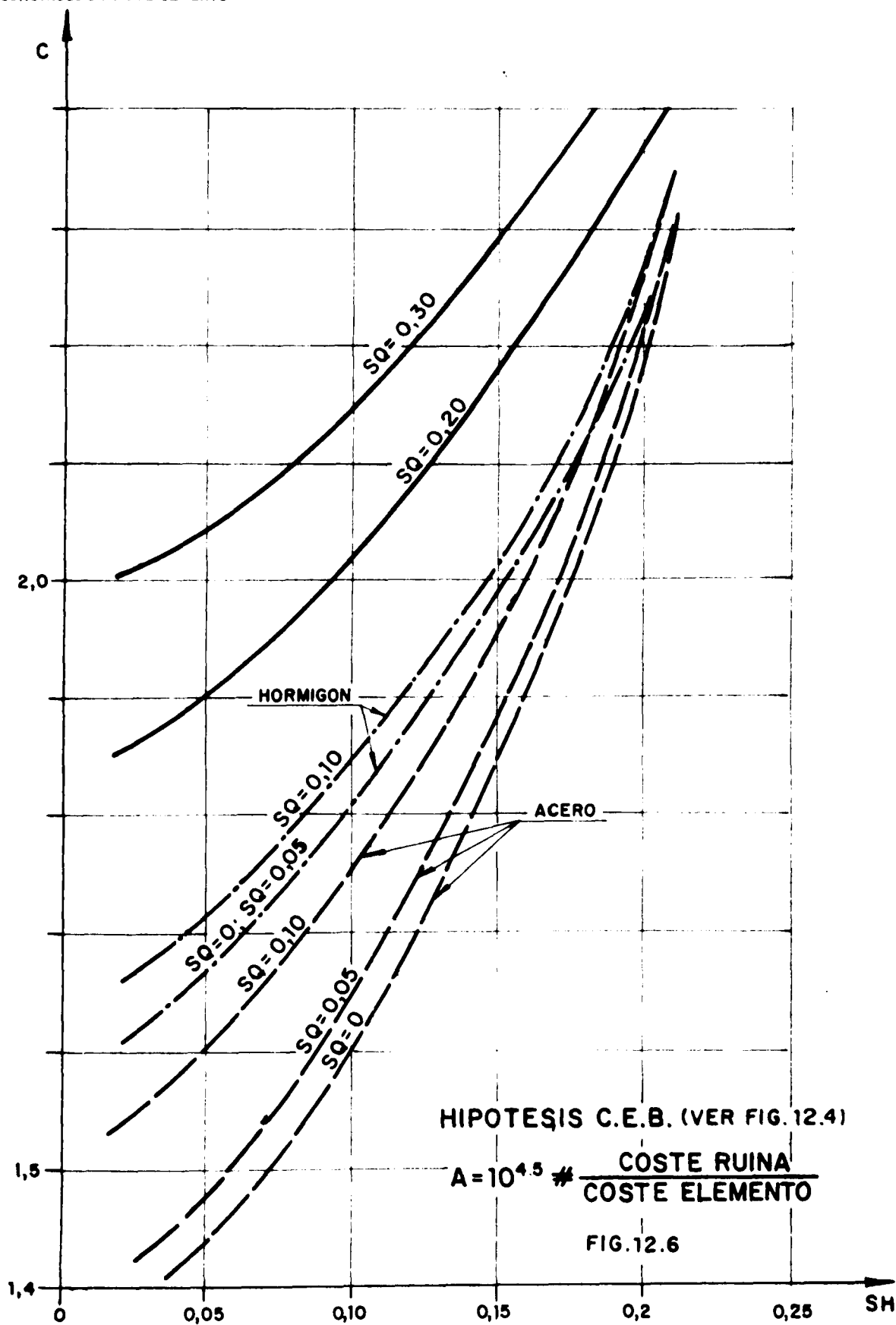


RESULTADOS OPTIMIZACION

HIPOTESIS C.E.B. (VER FIG. 12.4)

$$A = 10^{3.5} \# \frac{\text{COSTE RUINA}}{\text{COSTE ELEMENTO}}$$

FIG. 12.5

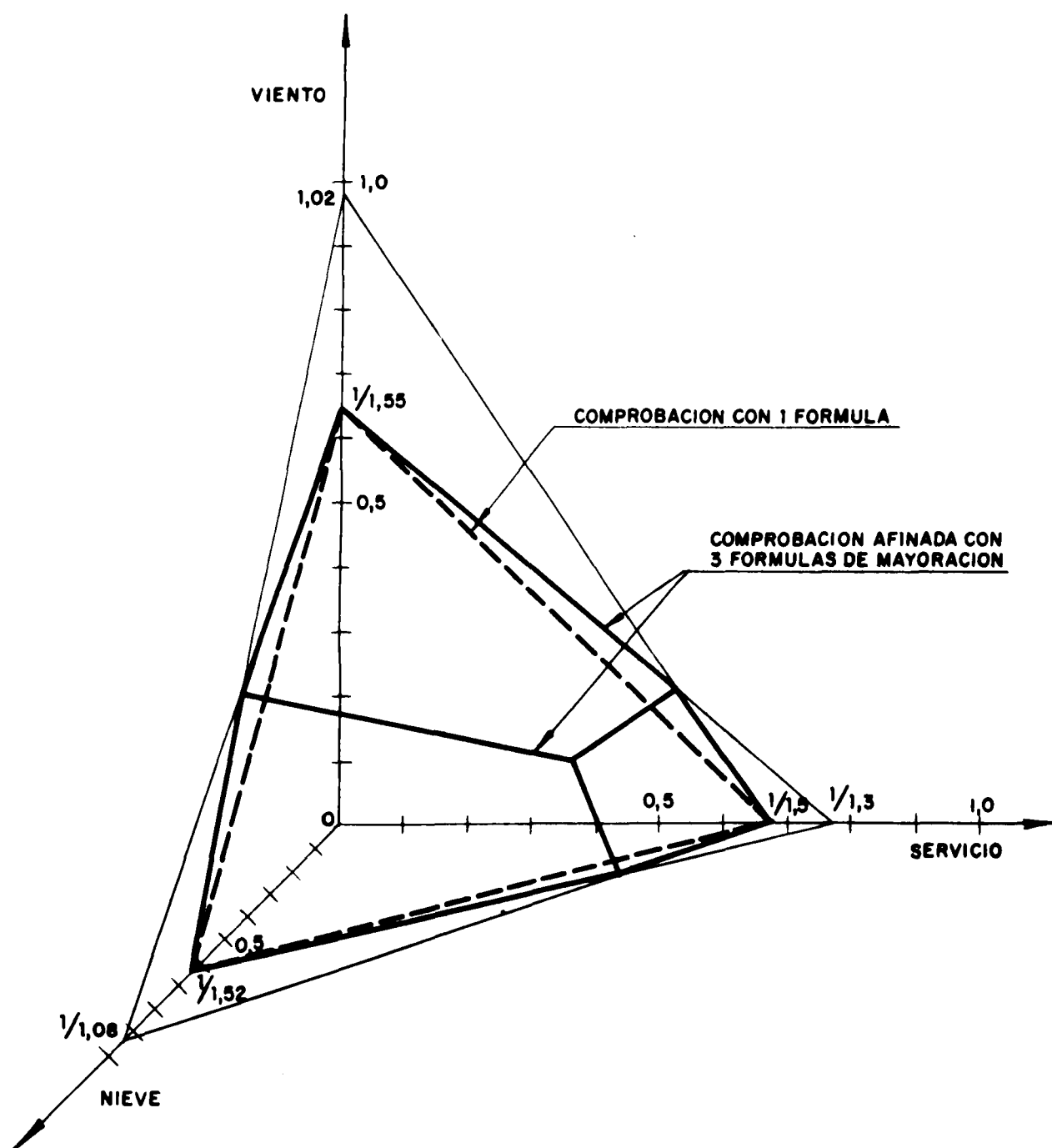


HIPOTESIS C.E.B. (VER FIG. 12.4)

$$A = 10^{4.5} \# \frac{\text{COSTE RUINA}}{\text{COSTE ELEMENTO}}$$

FIG. 12.6

RESULTADOS OPTIMIZACION



**SOLIDO DE COMPROBACION SEGUN EL CAPITULO 12-6
(A COMPARAR CON FIG. 3.4) PARA HORMIGON**

$$A = 10^{3.5}$$

FIG. 12.7

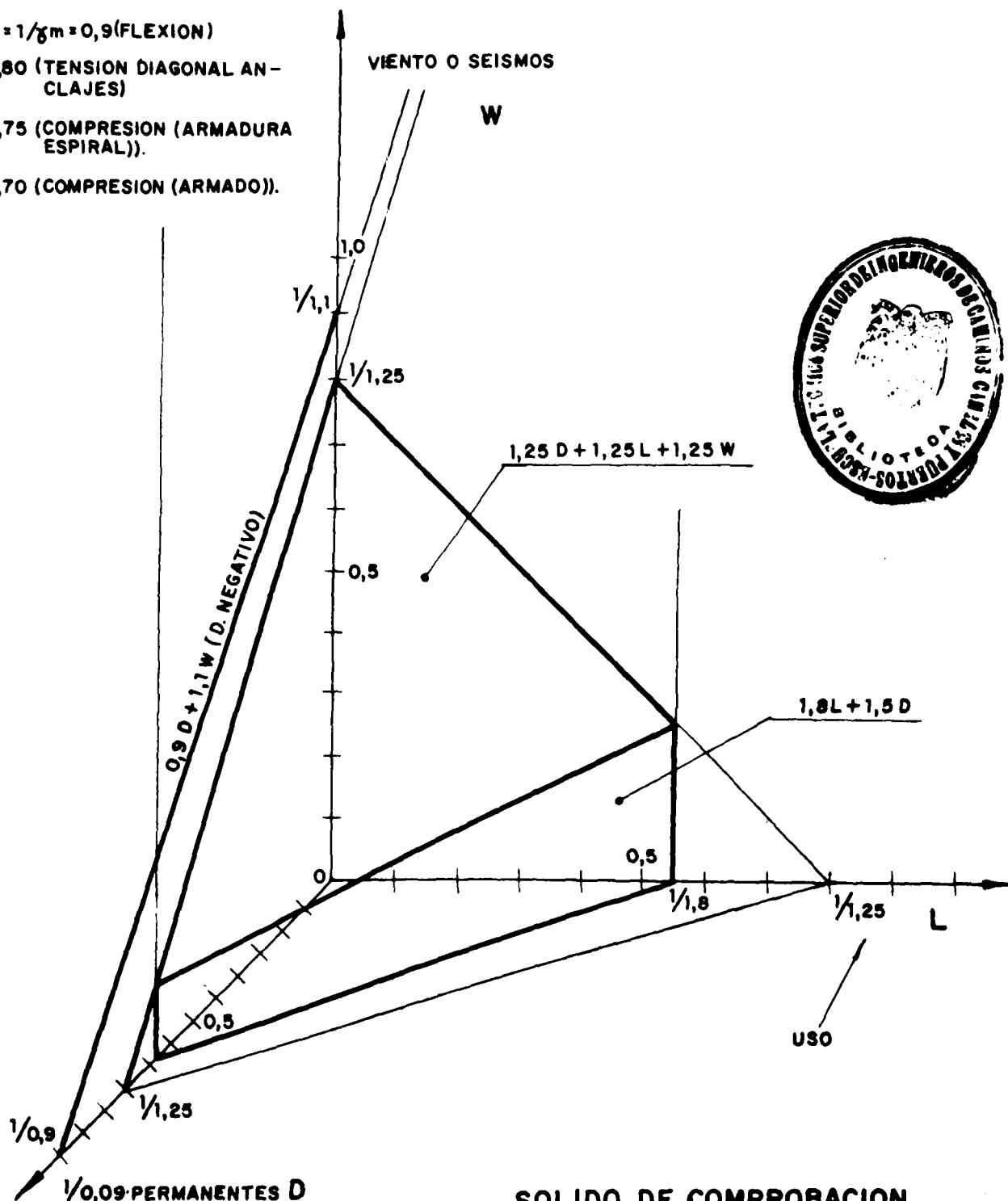
ACERO Y HORMIGON

$\phi = 1/\gamma_m = 0,9$ (FLEXION)

0,80 (TENSION DIAGONAL AN-
CLAJES)

0,75 (COMPRESION (ARMADURA
ESPIRAL)).

0,70 (COMPRESION (ARMADO)).



**SOLIDO DE COMPROBACION
REGLAS ACI (1963)
EN ROTURA**